

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ  
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

Інститут енергозбереження та енергоменеджменту  
Кафедра теплотехніки та енергозбереження

«На правах рукопису»  
УДК \_\_\_\_\_

«До захисту допущено»  
Завідувач кафедри  
\_\_\_\_\_ В.І.Дешко  
(підпис) (ініціали, прізвище)  
“ ” \_\_\_\_\_ 2019 р.

## Магістерська дисертація

на здобуття ступеня магістра

зі спеціальності 144 «Теплоенергетика»  
освітньо-професійна програма «Енергетичний менеджмент та інжиніринг  
теплоенергетичних систем»  
на тему: «Оцінювання рівня споживання енергії багатоквартирного будинку на  
основі динамічного моделювання при енергоефективній модернізації»  
Виконав: студент VI курсу, групи ОТ – 81мп  
(шифр групи)

\_\_\_\_\_ Гурєєв Максим Вячеславович \_\_\_\_\_  
(прізвище, ім'я, по батькові) (підпис)

Керівник \_\_\_\_\_ к.т.н., доцент Білоус І.Ю. \_\_\_\_\_  
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали) (підпис)

Консультанти:

Електротехнічна частина к.т.н., доцент Замулко А.І. \_\_\_\_\_

Стартап-проект к.т.н., доцент Шевчук Н.А. \_\_\_\_\_

Моделювання енергетичних процесів і систем к.т.н., доцент Суходуб І.О. \_\_\_\_\_

Нормоконтроль к.т.н., доцент Шкляр В.І. \_\_\_\_\_

Рецензент \_\_\_\_\_  
(посада, науковий ступінь, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали) (підпис)

Рецензент \_\_\_\_\_  
(посада, науковий ступінь, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали) (підпис)

Засвідчую, що у цій магістерській дисертації  
немає запозичень з праць інших авторів без  
відповідних посилань.

Студент \_\_\_\_\_  
(підпис)

Київ – 2019 року

Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут  
імені Ігоря Сікорського»

Інститут (факультет) Інститут енергозбереження та енергоменеджменту  
(повна назва)

Кафедра Теплотехніки та енергозбереження  
(повна назва)

Рівень вищої освіти – другий (магістерський)

Спеціальність 144 «Теплоенергетика»  
(код і назва)

Освітньо-професійна програма «Енергетичний менеджмент та інжиніринг  
теплоенергетичних систем»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

В.І. Дешко  
(підпис) (ініціали, прізвище)

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2019 р.

ЗАВДАННЯ

на магістерську дисертацію студенту

Гурєєву Максиму Вячеславовичу  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. **Тема дисертації** «Оцінювання рівня споживання енергії багатоквартирного  
будинку на основі динамічного моделювання при енергоефективній модернізації»,  
**науковий керівник дисертації** Білоус Інна Юріївна, к.т.н, доцент,  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від «19» 11 2019 р. № 926-с

2. **Термін подання студентом дисертації** 13 грудня 2019 р.

3. **Об'єкт дослідження** ОСББ «Наш дім на Галана», м. Київ, вул. Ярослава  
Галана, 2

4. **Вихідні дані до магістерської дисертації** Технічна документація ОСББ,  
споживання енергетичних ресурсів об'єктом, температурні обміри у  
приміщеннях будинку, нормативна база України.

5. **Перелік завдань, які потрібно розробити** 1) провести огляд фактичного  
стану огорожувальних конструкцій ОСББ «Наш дім на Галана» 2) огляд  
систем тепло постачання, гарячого і холодного водопостачання, вентиляції і  
електропостачання; 3) за допомогою динамічного комп'ютерного  
моделювання провести енергоаналіз типових варіантів багатоквартирних  
житлових будівель 4) розробити систему енергоменеджменту 5) розробити  
стартап-проект

## 6. Орієнтовний перелік ілюстративного матеріалу

*1) Загальна інформація про об'єкт; 2) Система теплопостачання; 3) Система електропостачання; 4) Спецпитування.*

## 7. Орієнтовний перелік публікацій \_\_\_\_\_

## 8. Консультанти розділів дисертації

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Електротехнічна частина	доцент Замулко А.І.		
Стартап-проект	доцент Шевчук Н.А.		
Моделювання енергетичних процесів і систем	доцент Суходуб І.О.		
Нормоконтроль	доцент Шкляр В.І.		

## 9. Дата видачі завдання 02.09. 2019 р.

### Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Термін виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1	<i>Загальні відомості про об'єкт дослідження</i>	<i>28.10.2019 - 11.11.2019</i>	
2	<i>Інжиніринг енергетичних систем</i>	<i>28.10.2019 - 07.12.2019</i>	
3	<i>Спецпитування</i>	<i>28.10.2019 - 07.12.2019</i>	
4	<i>Енергоменеджмент та моніторинг</i>	<i>28.10.2019 - 11.11.2019</i>	
5	<i>Стартап-проект</i>	<i>11.11.2019 - 07.12.2019</i>	
6	<i>Нормативне оформлення магістерської дисертації</i>	<i>11.11.2019-07.12.2019</i>	
7	<i>Попередній захист</i>	<i>09.12.2019-13.12.2019</i>	

Студент

\_\_\_\_\_ (підпис)

Гурєєв М.В.  
(ініціали, прізвище)

Науковий керівник дисертації

\_\_\_\_\_ (підпис)

Білоус І.Ю.  
(ініціали, прізвище)

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до дипломного проекту складається з 7 розділів, містить 135 сторінок основного тексту, 44 ілюстрацій, 34 таблиці та 40 бібліографічних найменувань за переліком посилань.

Головна мета магістерської дисертації є аналіз впливу характеристик світлопрозорих конструкцій на енергопотребу будівлі, а також на параметри комфорту, на прикладі параметру PMV і визначення впливу зміни режиму роботи системи опалення та переривчастих режимів опалення на явище теплових перетоків через внутрішні огорожувальні конструкції і енергоспоживання будівлі, з метою виявлення їх особливостей.

Матеріали магістерської дисертації відображено в 7 наукових працях, у тому числі: 2 фахових видання України і 5 тезах наукових конференцій, а також у 2 конкурсах студентських наукових робіт, на міжнародному та всеукраїнському рівні, в яких зайняті призові місця. Список публікацій наведено у додатку 1.

Ключові слова: енергозбереження, енергоспоживання, втрати, економія, енергетичний аудит, енерговикористання, навантаження, потужність, термін окупності, енергопостачання, динамічне моделювання, світлопрозорі конструкції, теплові перетокі, переривчасті режими опалення, параметри комфорту, PMV.

## ABSTRACT

The explanatory note for the diploma project consists of 5 sections, contains 135 pages of the main text, 44 illustrations, 34 tables and 40 bibliographic names in the list of references.

The main purpose of the master's thesis is to analyze the influence of the characteristics of the enclosing structures on the inertia of the room, as well as the comfort parameters, using the PMV parameter example and comparing different methods of calculating air flow, in order to identify their features.

The main purpose of the master's thesis is to analyze the influence of translucent structural characteristics on the energy consumption of the building, as well as on the comfort parameters, using the PMV parameter and to determine the effect of changing the operation of the heating system and intermittent heating modes on the phenomenon of thermal flows through the internal opaque structures and energy consumption of the building revealing their features.

The materials of the master's thesis are reflected in 7 scientific works, including: 2 professional publications of Ukraine and 5 theses of scientific conferences, as well as in 2 competitions of student scientific works, at the international and all-Ukrainian level, in which the prize places are occupied. The list of publications is given in Annex1.

**Keywords:** energy saving, energy consumption, losses, savings, energy audit, energy use, load, power, payback period, power supply, dynamic modeling, inertia, thermal flows, intermittent heating modes, comfort parameters, PMV.

## ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ, УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ ТА ІНДЕКСІВ	11
ВСТУП	13
1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ОБ’ЄКТ ДОСЛІДЖЕННЯ	16
2 ІНЖИНІРИНГ ЕНЕРГЕТИЧНИХ СИСТЕМ ТА ОГОРОДЖУВАЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ ОСББ «НАШ ДІМ НА ГАЛАНА»	19
2.1 Дослідження огороджувальних конструкцій будівлі	19
2.1.1 Аналіз сучасного стану	19
2.1.2 Аналіз поточного технічного стану системи	22
2.2 Дослідження джерел теплопостачання та теплових мереж	32
2.2.1 Аналіз сучасного стану	32
2.2.2 Аналіз поточного технічного стану системи	34
2.2.3 Шляхи підвищення ефективності	37
2.3 Дослідження систем водопостачання та водовідведення	45
2.3.1 Аналіз сучасного стану	45
2.3.2 Аналіз поточного технічного стану системи	46
2.3.3 Шляхи підвищення ефективності	46
Висновки до розділу	47
2.4 Дослідження системи електропостачання	48
2.4.1 Аналіз сучасного стану постачання електричної енергії	48
2.4.2 Аналіз поточного технічного стану системи електропостачання	50
2.4.3 Шляхи підвищення ефективності використання системи електропостачання для забезпечення електричною енергією	59
2.4.4 Пропозиції щодо модернізації системи електропостачання об’єкту для реалізації завдань магістерської дисертації	64
Висновки до розділу	65
3 АНАЛІЗ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК БАГАТОКВАРТИРНОГО БУДИНКУ НА ОСНОВІ ДИНАМІЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ	67

	10
Висновки до розділу	98
4 ЕНЕРГОМЕНЕДЖМЕНТ ТА МОНІТОРИНГ	100
Висновки до розділу	103
5 СТАРТАП-ПРОЕКТ З ВПРОВАДЖЕННЯ СИСТЕМИ СУБСИДЮВАННЯ НА ОСНОВІ КОЕФІЦІЄНТУ КОМФОРТУ PMV	105
Висновки до розділу	123
ВИСНОВКИ	125
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	128
ДОДАТКИ	133

## ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ, УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ ТА ІНДЕКСІВ

### СКОРОЧЕННЯ

ОСББ – об'єднання співвласників багатоквартирного будинку;  
ЖЕК – житлово-експлуатаційна контора;  
ТК – теплова камера;  
ГВП – гаряче водопостачання;  
ХВП – холодне водопостачання;  
ІТП – індивідуальний тепловий пункт;  
ЗЕЗ – захід з енергозбереження;  
ПАТ – публічне акціонерське товариство;  
КЗ – капітальні затрати;  
ТП – трансформаторна підстанція;  
АВР – автоматичне включення резерву;  
ГРЩ – головний розподільчий щит;  
РЩ – розподільчий щит;  
ККД – коефіцієнт корисної дії;  
АСКОЕ – автоматизована система комерційного обліку електроенергії;  
ЖБ – житлова будівля;  
ЗУ – закон України;  
ПОН – постачальник «останньої надії»;  
ПЗ – програмне забезпечення;  
IWEC – The International Weather for Energy Calculation;  
PMV – Predicted Mean Vote;  
PPD – Predicted Percentage of Dissatisfied;



## УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ

$Q$  – теплота;  
 $R$  – термічний опір;  
 $F$  – площа;  
 $t$  – температура;  
 $\alpha$  – коефіцієнт тепловіддачі;  
 $\delta$  – товщина;  
 $\lambda$  – коефіцієнт теплопровідності;  
 $E$  – економія;  
 $PP$  – термін окупності;  
 $C$  – капітальні затрати;  
 $P$  – потужність.

## ІНДЕКСИ

вн – внутрішній;  
з – зовнішній;  
с.о. – середня за опалювальний сезон;  
ст – стіни;  
вік – вікна;  
ут – утеплення;  
із – ізоляції;  
рік – річна;  
осв – освітлення;  
обл – обладнання;  
ф – фасад.

## ВСТУП

Рівень енергоефективності житлового фонду України на даний момент знаходиться на дуже низькому рівні. Більшість будівель знаходяться в експлуатації вже десятки років, з часів, коли поняття енергетичної ефективності будівель не було пріоритетним, оскільки при будівництві акцент робився на зменшенні капітальних вкладень.

Сьогодні норми та закони передбачають врахування параметрів енергоефективності при будівництві нових і реконструкції старих будівель. Не зважаючи на те, що законодавство сфери енергетичної ефективності не є досконалим, такі закони як ЗУ «Про енергетичну ефективність будівель» [1] вже дають позитивні результати. Ініціативні громадяни та підприємства за підтримки держави покращують енергоефективність своїх будівель, таким чином зменшуючи свої фінансові затрати шляхом зменшення сплати за енергоносії та сприяють наближенню держави до енергетичної незалежності та покращення екологічного стану України.

Першим кроком при термомодернізації є енергетичний аудит – глибоке дослідження енергетичних характеристик будівлі, її огорожувальних конструкцій, інженерних систем та мереж. Кінцевою ціллю аудиту є визначення рівня енергетичної ефективності будівлі та присвоєння їй класу енергетичної ефективності, в подальшому, отримані показники будуть використані для розробки проекту модернізації та обґрунтування його економічної доцільності.

Об'єктом магістерської дисертації є будинок за адресою вул. А. Волошина (Я. Галана), 2 у місті Києві. Метою дисертаційної роботи є визначення рівня енергетичної ефективності будинку використовуючи не лише національні стандарти та нормативи, але й використовуючи більш сучасні методи, наприклад динамічне комп'ютерне моделювання будівлі, а також розробка заходів з енергозбереження на основі цих результатів.

З метою зібрати якомога більше даних для аналізу та моделювання було проведено дослідження будівлі: візуальний огляд фасаду, технічних приміщень

та місць загального користування, тепловізійна зйомка будівлі та окремих елементів інженерних мереж, дослідження тепловипуску, стояків та електричних мереж будівлі. В процесі збору даних були використані такі інструменти: термометри, термохрони, пірометри, тепловізор, лазерна лінійка, фотоапарат та датчики теплового потоку.

За отриманими даними була розроблена модель будівлі в програмах DesignBuilder та EnergyPlus, а також визначений рівень енергетичної ефективності [2]. Метод розрахунку енергоспоживання при опаленні, охолодженні, вентиляції, освітленні та гарячому водопостачанні [3], виходячи з отриманого класу енергетичної ефективності будівлі були запропоновані заходи з енергозбереження для будівлі та розрахована їх економічна доцільність.

**Мета та задачі дослідження.** Метою роботи є підвищення ефективності управління використанням енергії на основі деталізації показників, розробки та удосконалення методів та засобів моделювання енергетичного стану будівель, у тому числі врахування сукупності часової мінливості погодних та експлуатаційних факторів в динамічних сіткових моделях будівель.

Реалізація поставленої мети вимагає вирішення наступних завдань:

- провести аналіз методів визначення та підвищення ефективності управління споживанням енергії в енергетичних системах будівель;
- розробити сукупність динамічних моделей провести їх порівняння для вирішення різних задач з підвищення рівня енергоефективності будівель;
- визначити вагомості впливу мінливості сукупності погодних та експлуатаційних факторів на динаміку енергопотреб будівель;
- визначити вплив різних варіантів застосування на умови теплового комфорту з врахуванням орієнтації будівлі.

**Наукова новизна.** Розвинено підхід до аналізу режимів опалення шляхом врахування перетоків між сусідніми зонами, що дозволяє визначити показники ефективності переривчатих режимів опалення у житлових будівлях в нестаціонарних режимах.

Розвинено підхід до поглибленого аналізу світлопрозорих елементів

конструкцій шляхом імітаційного моделювання теплотехнічних та оптичних характеристик вікон, що дозволяє більш детально визначити енергетичні показники та параметри комфорту в умовах нестаціонарних режимів зміни теплового стану будівлі.

**Методи дослідження:** Методичну основу проведеного наукового дослідження склали такі методи: фундаментальні положення теорії тепломасообміну, методи математичного та імітаційного моделювання, динамічні комп'ютерні методи енергетичного моделювання будівель (BEM), як складної системи.

*Об'єкт дослідження* – енергетична ефективність житлового фонду України в умовах динамічної зміни характеристик середовища.

*Предмет дослідження* – методи і способи оцінювання показників енергетичної ефективності житлових будівель з використанням динамічних моделей.

Магістерська дисертація розроблена на основі завдання випускової кафедри і затвердженої, наказом по університету, теми.

## **1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ОБ'ЄКТ ДОСЛІДЖЕННЯ**

Об'єкт дослідження – житлова будівля, ОСББ «Наш дім на Галана», що знаходиться за адресою вулиця А. Волошина (Я. Галана) 2, у місті Києві (рис. 1.1). Будівля побудована за індивідуальним спецпроектом і введена в експлуатацію у 1993 році. Будинок має 12 поверхів, 4 під'їзди, 175 заселених квартир.



Рисунок 1.1 – ОСББ «Наш дім на Галана»

Кожен блок розміщує в собі 4 квартири на кожному поверсі (дві 3-х кімнатні та дві 4-х кімнатні), сходові клітини та коридори загального користування. На фасаді будинку присутні балкони та лоджії.

Перший поверх займають не житлові приміщення, віддані в оренду приватним конторам.

Більша кількість даних була отримана з технічної документації на будинок та візуального обстеження, загальна інформація зведена до таблиці 1.1

Таблиця 1.1 – Загальна інформація про об’єкт дослідження

Рік будівництва	1993
Кількість поверхів, шт	12
Площа забудови, м <sup>2</sup>	1754
Об’єм будівлі, м <sup>3</sup>	65860
Загальна площа, м <sup>2</sup>	13441,4
Площа балконів і терас, м <sup>2</sup>	998
Житлова площа, м <sup>2</sup>	6863
Кількість квартир, шт	175
Кількість кімнат, шт	431
Площа квартир, м <sup>2</sup>	11111
Площа нежитлових приміщень, м <sup>2</sup>	1941
Площа кривлі, м <sup>2</sup>	1518
Площа фасадів, м <sup>2</sup>	8844

Загальний план житлового будинку, схеми інженерних мереж та систем розташовані в додатку 2.

Парадні входи в задовільному стані.

Розташування будинку – північно-західне.

Для м. Києва, відповідно до ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 «Будівельна кліматологія» [4] клімат помірноконтинентальний з відносно м’якою зимою та спекотним літом (табл. 1.2).

Таблиця 1.2 – Будівельна кліматологія та вартість енергоносіїв

№	Тип	Показник	
1	Область розташування об'єкту	Київська	
2	Кліматична зона	І	
3	Тривалість опалювального періоду	діб	176
4	Середня температура опалювального періоду	°С	0,1
5	Розрахункова температура зовнішнього повітря	°С	-22
6	Розрахункова температура внутрішнього повітря	°С	18
7	Поточна вартість теплової енергії грн/ Гкал.	грн/Гкал	1654,41
8	Поточна вартість електричної енергії грн./кВт	грн/МВт.год	213,36

Вартість енергоносіїв для об'єкта розраховується, як для юридичних осіб, оскільки енергія на потреби місць загального користування та прибудинкових територій оплачується ОСББ.

## **2 ІНЖИНІРИНГ ЕНЕРГЕТИЧНИХ СИСТЕМ ТА ОГОРОДЖУВАЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ ОСББ «НАШ ДІМ НА ГАЛАНА»**

### **2.1 Дослідження огороджувальних конструкцій будівлі**

#### **2.1.1 Аналіз сучасного стану**

Житловий фонд України наразі має досить низький рівень енергетичної ефективності.

Такий стан речей викликаний рядом впливових факторів:

- Більшу частину будівель становлять старі будинки, строк експлуатації яких вже добігає кінця;
- Нераціональне використання державних коштів;
- Відсутність, нещодавнього часу, єдиної державної політики щодо енергоефективності;
- Низький рівень життя населення не дозволяє проводити термомодернізацію навіть за державної підтримки.

Отже фактори, що викликають низький рівень енергетичної ефективності в Україні в більшості своїй соціальні, та викликані відсутністю коштів.

Не зважаючи на те, що зі старим жилим фондом виникає безліч проблем, для новобудов та будівель які проходять капітальний ремонт були розроблені нормативи, які до того ж постійно покращуються.

Традиційно, будівлі в Україні будуються з важких будівельних матеріалів, таких як цегла, залізобетонні та газобетонні блоки, рідше з дерева. Такі матеріали не забезпечують достатнього рівня термічного опору для сучасних нормативних вимог, тому виникає необхідність у додатковій ізоляції пінопластом, скловатою, тощо.

Основною нормою, яка встановлює нормативні значення енергетичної ефективності будівлі є ДБН Теплова ізоляція будівель [5].



За [5] встановлюються мінімальні допустимі нормативні показники термічного опору таких огорожувальних конструкцій як стіни, вікна, парадні двері, горищні перекриття, тощо. В залежності від температурної зони, в якій розташована будівля в таблиці 2.1 показані норми мінімально допустимого значення опору теплопередачі згідно [5].

Таблиця 2.1 – Мінімальною допустиме значення опору теплопередачі огорожувальної конструкції житлових та громадських будівель

Ч.ч.	Вид огорожувальної конструкції	Значення $R_{q \min}$ , $\text{м}^2 \cdot \text{К/Вт}$ , для температурної зони	
		I	II
1	Зовнішні стіни	3,3	2,8
2	Суміщені покриття	6,0	5,5
3	Покриття опалюваних горищ (технічних поверхів) та покриття мансардного типу	4,95	4,5
4	Горищні перекриття неопалюваних горищ	4,95	4,5
5	Перекриття над проїздами та неопалювальними підвалами	3,75	3,3
6	Світлопрозорі огорожувальні конструкції	0,75	0,6
7	Зовнішні двері	0,6	0,5

При проектування нового будинку, або термомодернізації існуючого, шар ізоляції має забезпечити щонайменше такий термічний опір огорожувальної конструкції.

Запровадження таких та подібних норм дозволяє запобігти випадків, коли в експлуатацію передаються будівлі, які не відповідають прописаним вимогам або не пристосовані до наших кліматичних умов.

Також рівень енергетичної ефективності будівлі характеризується таким показником, як клас енергетичної ефективності будівлі, який дозволяє дати оцінку кількісного споживання енергії будівлею на  $\text{м}^2$  опалювальної площі. Це дає змогу навіть людям, які погано ознайомлені з концептом енергоефективності, розуміти на прикладі відносної шкали (рис. 2.1), яка будівля буде більш енергоефективною, що, в свою чергу, дозволяє оцінювати будівлю зі сторони операційних витрат, тобто, в будівлі високим рівнем енергоефективності ціна за

комунальні послуги буде нижчою, а отже і економічна доцільність придбання такої будівлі зростає, особливо, якщо враховувати довгий строк експлуатації будівель, а різниця в ціні таких будівель буде компенсуватись. Ця шкала регламентується [3].

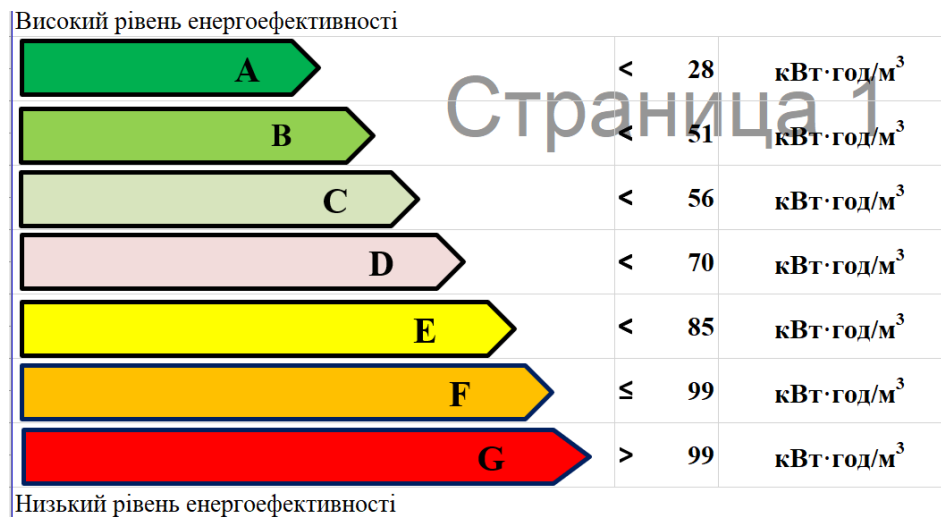


Рисунок 2.1 – Шкала класів енергетичної ефективності житлових будівель

За [3] мінімальним допустимим класом енергоефективності для нових будівель та будівель, які пройшли термомодернізацію є клас C.

Держава готова спонсувати проекти що спрямовані на поліпшення рівня енергетичної ефективності лише за умови, що після термомодернізації буде досягнутий клас енергоефективності не нижче за мінімальний допустимий [1].

Документом в якому зазначається клас енергоефективності будівлі відповідно до [1] є сертифікат енергетичної ефективності будівлі. Він, відповідно до [1], є електронним документом та має бути зареєстрований в державному реєстрі сертифікатів енергетичної ефективності будівлі.

Відповідно до [1] розробкою та реєстрацією сертифікату займається сертифікований спеціаліст – енергоаудитор.

Сертифікат з енергетичної ефективності дає змогу громадським та житловим будівлям претендувати на державну підтримку при проходженні термомодернізації, а після ремонту будівля отримує новий сертифікат, та відповідно новий клас енергетичної ефективності.

За сертифікатами та аудиторами наразі ведеться суровий контроль з боку спеціального органу – Державного агентства з енергетичної ефективності України, аудитори, роботи яких після перевірки відзначаються як недостовірні можуть втратити свій кваліфікаційний атестат, і відповідно, можливість здійснювати професійну діяльність.

Отже, підсумовуючи усе вище сказане, Україна великими кроками, наразі, наздоганяє передові світові практики в сфері енергоефективності, приймаючи нові та вдосконалюючи старі закони та норми для досягнення їх відповідності з європейськими нормами. Додатково вводяться нові документи для здачі будівель в експлуатацію, а контроль за спеціалістами та їх роботами є дуже суровим.

### **2.1.2 Аналіз поточного технічного стану системи**

Стіни будівлі самонесучі виконані з керамічної пустотілої цегли ( $\delta_{\text{ц}}=510$  мм,  $\lambda_{\text{ц}}=0,44$  Вт/м·К) на цементно-піщаному розчині. Внутрішня частина стін покрита штукатуркою вапняною ( $\delta_{\text{ш}}=5$  мм,  $\lambda_{\text{ш}}=0,21$  Вт/м·К), а зовнішня керамічною декоративною плиткою (товщина  $\delta_{\text{п}}=20$  мм, теплопровідність  $\lambda_{\text{п}}=1,5$  Вт/м·К), на бетонному розчині.

Загальна товщина стіни складає - 545 мм.

Стан зовнішніх стін будівлі – задовільний. Стан плитки в своїй більшості задовільний, місцями помітні невеликі тріщини на стінах та незначні відшарування зовнішнього оздоблення. Також наявне клаптикове утеплення фасаду будівлі (рис. 2.2).



Рисунок 2.2 – Клаптикове утеплення фасаду будівлі

Приведений опір теплопередачі стін не відповідає мінімальним нормативним вимогам відповідно до [5].

Загальна площа віконних та балконних блоків складає  $1820\text{м}^2$  від загальної площі фасаду (коефіцієнт скління фасаду становить 0,351).

Вікна металопластикові з подвійним склінням в своїй більшості (80%) проте в деяких квартирах зустрічаються й вікна з дерев'яними рамами (20%), що значно погіршує стан світлопрозорих конструкцій в середньому (рис.2.3).



Рисунок 2.3 – Вигляд вікон на фасаді будівлі

Приведений опір теплопередачі дерев'яних віконних блоків не відповідає мінімальним нормативним вимогам, пластикові ж вікна приймаємо як такі, що задовольняють нормативні вимоги, оскільки перевірити всі їх ми не маємо можливості.

Вхідні двері металеві утеплені. Двері запасних входів металеві або дерев'яні. При візуальному огляді дверей виявлено відсутність дверних доводчиків вхідної групи окрім центральних входів.

Приведений опір теплопередачі не відповідає мінімальним нормативним вимогам, що призводить до дуже низького рівня температурних умов (табл. 2.2).

Таблиця 2.2 – Фактичні температури, °С, стін приміщень під час проведення вимірювань

Поверх	Сходи	Балкон	Коридор	Ліфт	Коридор жилий
2	4,6	2	5,5	10,6	13,8
3	4,5	2,5	7,5	11,5	—
4	-1	-1,5	2,5	6,1	—
5	-2	3	4	8	—
6	-2,8	-4,3	-0,7	4,3	—
7	-3	-3,5	0,5	7	13
8	-3,3	-5	-0,5	6	9,4
9	-3,7	-5	0	4,5	11,5
10	-2,6	-3,5	1,5	6	10,5
11	-0,8	-1	3	8	—
12	0,8	0,8	5,7	13,8	—

Дах будівлі плоский, має неопалювальне горище. Капітальний ремонт гідроізоляції даху проведено в 2015 році. Стан даху задовільний, пошкоджень не виявлено. На дах виходять вентиляційні канали, ліфтові шахти.

Покрівля – руберойд по залізобетонній плиті, без утеплення. Стан покрівлі – задовільний, нещодавно проводилась заміна рубероїду з метою покращення гідроізоляції. На підлозі горища помітні сліди від калюж, які за словами голови ОСББ, виникали до заміни в періоди дощу.

Технічний поверх неопалювальний. На техповерсі наявна розводка трубопроводів системи опалення (стояки П-подібної системи за кільцьовані саме тут). Висота техповерху – 2,7 м. Переkritтя – залізобетонна плита, в якості утеплювача використано насипний керамзитовий гравій. На підлозі горища помітні сліди від калюж, які за словами голови ОСББ, виникали до заміни в періоди дощу.

Стан переkritтя технічного поверху задовільний (рис 2.4). Вентиляційні вікна техповерху заklenі, деякі з них пошкоджені.



Рисунок 2.4 – Стан даху

Приведений опір теплопередачі переkritтя технічного поверху не відповідає мінімальним вимогам [5].

Під будівлею розміщено неопалюваний підвал (техпідпілля). Існуючий стан підвалу – задовільний. В підвалі розміщений тепловий вузол, розведення трубопроводів систем опалення, холодного водопостачання, каналізації.

Перекрыття підвалу виконане з залізобетонних плит, бетонної заливки та керамічної плитки. Приведений опір теплопередачі перекрыття над неопалюваним підвалом не відповідає нормативним вимогам.

Фундамент стрічковий з фундаментних блоків, основою підлоги по ґрунту є піщано-щебенева підсипка, по ній бетонна стяжка.

Також для будівлі характерні виступи на фасаді (рис. 2.5), які обумовлені специфічною формою будівлі, опір теплопередачі таких огорожувальних конструкцій здається дуже низьким.



Рисунок 2.5 – Виступи на фасаді будівлі

Термічний опір огорожувальних конструкцій, його мінімальні нормативні значення та площа зведено до таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Загальні характеристики огорожувальних конструкцій

Вид огорожувальної конструкції	Значення опору теплопередачі огорожувальної конструкції, (м <sup>2</sup> ·К)/Вт		Площа А, м <sup>2</sup>
	Існуюче приведенне значення	Мінімальні вимоги	
Зовнішні стіни	1,39	3,3	6919,0
Суміщені перекриття	—	6,0	—
Покриття опалюваних горищ (технічних поверхів) та покриття мансардного типу	0,84	4,95	1223,0
Горищні перекриття неопалюваних горищ	—	4,95	—
Перекриття над проїздами та неопалюваними підвалами	2,24	3,75	1223,0
Світлопрозорі огорожувальні конструкції	0,64	0,75	1820,0
Зовнішні двері	0,48	0,6	60,0

Також додатково був здійснений обхід житлових приміщень (квартир) по одному зі стояків з метою отримання інформації про температурні режими в квартирах, а саме збір інформації стосовно температури повітря в житлових приміщеннях, та встановлення її відповідності до існуючих норм.

Також були зібрані та занесені в відповідну таблицю температури поверхонь в цих приміщеннях, а саме, температури внутрішніх та зовнішніх стін, вікон, стелі та підлоги.

Температура повітря торцевої стіни відповідає нормі лише на поверхах з 12 по 9 на торцевій стіні, на нижчих поверхах спостерігаються недотопи, в



приміщеннях які знаходяться не біля торцевої стіни на верхніх поверхах спостерігаються перетопи, що свідчить про недоцільне використання теплової енергії.

Також з допомогою датчиків теплового потоку були виміряні втрати теплової енергії через вікна, а також теплові надходження від радіаторів.

Отриманні данні занесені в таблицю в Додатку 2 та в подальшому були використані в моделюванні.

Виходячи з отриманих даних був складений тепловий баланс будівлі (рис. 2.6) втрати через кожний вид огорожувальної конструкції був занесений до таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Втрати теплоти через огорожувальні конструкції будинку

Огороджувальні конструкції	Втрати теплоти, кВт	Втрати теплоти, %
Фасад жилий	84,11	20
Стіни горища	7,52	2
Вікна	71,74	17
Дах	32,57	8
Інфільтрація	169,4	40
Під'їзд	27,47	7
Підлога	27,2	6

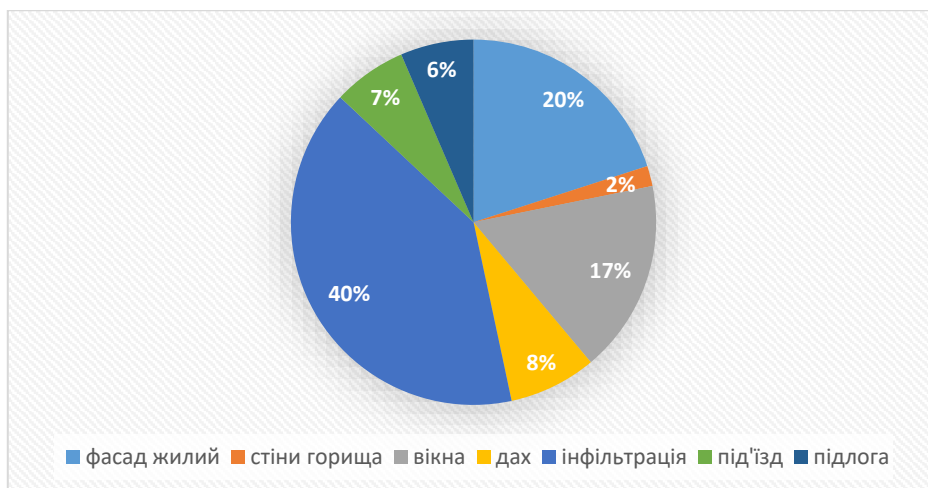


Рисунок 2.6 – Баланс тепловтрат будинку

Результати отриманих досліджень, аналогічні результатам інших дослідників [6, 7], та показують, найбільша складова тепловтрат здійснюється через вікна, стіни та вентиляцію.

Виходячи з балансу тепловтрат будівлі, пріоритетним напрямком термомодернізації є поліпшення опору теплопередачі саме стін, оскільки через них втрачається 22% всієї енергії будівлі, до того ж їх опір теплопередачі майже в тричі менший за мінімальний допустимий для першої температурної зони відповідно до [5].

Першочергове завдання при термомодернізації даного об'єкту є підвищення опору теплопередачі огорожувальних конструкцій до мінімального нормативного рівня для першої температурної зони України.

Оскільки опір теплопередачі стін будинку рівний  $1,39 \text{ м}^2 \cdot \text{K} / \text{Вт}$ , пропонується підвищити його, що позитивно відобразиться на стані енергетичної ефективності в будівлі, а також призведе до покращення внутрішніх умов в будівлі.

На основі отриманих даних та аналізу енергетичного балансу були розроблені 3 моделі будівлі:

- Базова модель, що максимально відтворює існуючий стан будівлі з споживанням енергоресурсів максимально наближеним до реального.

- модель, що відповідає всім нормативним показникам за [3], метою якої було визначення нормального рівня споживання енергоносіїв;
- модель з впровадженими запропонованими заходами з енергозбереження для досягнення нормативів згідно з нормативною базою України.

Перша модель була розроблена виходячи з фактичних даних для балансування моделі, що здійснювалось шляхом регуляції теплових надходжень для отримання рівня споживання теплової енергії рівної показникам загальнобудинкового лічильника.

В другій температури повітря в приміщеннях були підняті до нормативного рівня для встановлення нормальної лінії споживання.

В моделі номер 3 були утеплені фасади, отриманий рівень споживання теплової енергії був порівняний зі споживанням другої моделі, що дало змогу розрахувати ефект від впровадження заходів.

Фактичний термічний опір стін складає:  $R_{\phi} = 1,39 \frac{\text{м}^2\text{К}}{\text{Вт}}$ .

Виходячи з відповідної моделі, фактичні тепловтрати через стіни складають:  $Q_{\phi} = 91,63 \text{ кВт}$ .

Згідно з [6] необхідний термічний опір стін  $R_{qmin} = 3,3 \frac{\text{м}^2\text{К}}{\text{Вт}}$ .

Використовуємо іншу модель, де стіни будівлі отримують покращене значення опору теплопередачі шляхом додавання мінеральної вати.

Згідно [9] для утеплення стін пропонується використати плити з мінеральної вати густиною 30...40 кг/м<sup>3</sup>, теплопровідність яких, згідно [9], складає 0,036 Вт/(м<sup>2</sup>·К).

Тепловтрати за новою моделлю, з утепленими стінами становлять  $Q_{\phi}^{yt} = 30,032 \text{ кВт}$ .

Різниця між старою та новою втратами теплоти становить нашу економію теплової енергії при утепленні стін фасаду:

$$\Delta Q_{\phi} = Q_{\phi} - Q_{\phi}^{yt} = 91,63 - 30,032 = 61,6 \text{ кВт}. \quad (2.1)$$

Річну економію при утепленні стін можна визначити за формулою:

$$\Delta Q_{\phi}^{рик} = \Delta Q_{\phi} \cdot n_0 \cdot 24, \quad (2.2)$$

де  $n_0$  – кількість днів в опалювальному періоді,  $n_0=176$  днів.

$$\Delta Q_{\phi}^{рик} = 61,6 \cdot 176 \cdot 24 = 260198,4 \text{ кВт} \cdot \text{год},$$

або

$$\Delta Q_{\phi}^{рик} = \frac{260198,4}{1163} = 223,73 \text{ Гкал}.$$

Визначимо грошову економію в результаті утеплення стін за один рік при поточному тарифі на теплову енергію  $T=1654,41 \text{ грн/Гкал}$ :

$$E = \Delta Q_{\phi}^{рик} \cdot T = 223,73 \cdot 1654,41 = 370141 \frac{\text{грн}}{\text{рік}}. \quad (2.3)$$

Повна вартість заходу з утеплення стін горища складає  $C=2983332$  грн.

Для визначення економічної доцільності заходу необхідно визначити його прямий термін окупності за формулою:

$$PP = \frac{C}{E} = \frac{2983332}{370141} = 8 \text{ років}. \quad (2.4)$$

Термін окупності не є точним, оскільки врахувати перетопи на верхніх поверхах та недотопи на нижніх не є можливим, але при розрахунках була взята нормативна внутрішня температура приміщення, а отже захід потенційно має не лише економічний ефект, але й позитивно вплине на умови комфорту в будівлі.

Через вікна втрачається також велика частка енергії, проте стан світлопрозорих конструкцій є задовільним, що ставить під сумнів економічну доцільність проектів спрямованих на покращення теплофізичних властивостей вікон в даному будинку.

## **2.2 Дослідження джерел теплопостачання та теплових мереж**

### **2.2.1 Аналіз сучасного стану**

Ринок теплової енергії в містах України представлений, в своїй більшості великими постачальниками, такими як КП «КИЇВТЕПЛОЕНЕРГО» в місті Київ

Теплова енергії, в більшості випадків, при централізованому теплопостачанні надається від ТЕСЦ або від теплоцентралей.

В випадку ТЕСЦ теплопостачання є вигідним, оскільки тепло, по своїй суті тут є побічним продуктом виготовлення електроенергії, що лише незначним чином впливає на електричний ККД ТЕСЦ.

В випадку теплоцентралі, з урахуванням фізичної зношеності більшості теплових мереж, та розвитком індивідуальних опалювальних пристроїв, доцільність централізованого теплопостачання є сумнівною.

Зношеність систем, наразі, є досить гострою проблемою, оскільки тепловтрати при транспортуванні тепла не лише лягають на плечі користувачів послугами, але й знижують потенціал тепла, що негативно впливає на умови комфорту.

Температурний графік опалення, в більшості своїй, не дотримується, що в сумі з низьким рівнем енергетичної ефективності будівель призводить до того,

що температура в приміщеннях може досягати 10-12°C, про комфорт в таких умовах навіть і не йдеться.

Ці фактори, а також постійні аварії і як результат відключення теплопостачання та гарячого водопостачання, призводять до того, що все більше і більше споживачів обирають індивідуальне опалення та ГВП, що дає їм змогу не лише позбутись проблем з відключенням теплопостачання, але й регулювати рівень опалення для дотримання оптимальних внутрішніх умов, запобігаючи перетопів та недотопів.

Значною проблемою в житловому фонді України є також комерційний облік споживання тепла. Існуючі тарифи дозволяють здійснювати оплату лише з урахуванням опалювальної площі будівлі/квартири. Таким чином люди втрачають зацікавленість в енергозбереженні, оскільки без комерційного обліку суми в їх платіжках не зміняться, немає необхідності боротись з можливими перетопами, а самочинна модернізація системи опалення не зможе бути виявлена.

Самочинна модернізація також серйозна проблема інженерних систем України. Не зважаючи на те, що за законом системи самочинно змінювати систему заборонено, фактично, виявити факт модернізації досить складно, адже квартира в будівлі є приватною власністю та зафіксувати факт порушення досить складно.

До того ж модернізація, часто не обмежується простим додавання секцій на радіатор, можливе і облаштування теплої підлоги в квартирі та навіть на балконах. Такі модернізації можуть значно знизити потенціал тепла в мережах і наступні споживачі або платитимуть за неякісні послуги та втратять комфортні умови в квартирі, або будуть змушені модернізувати систему на своїх ділянках, такий ланцюг, в кінцевому результаті може вплинути навіть на баланс магістралі.

Отже, в системі централізованого теплопостачання України є безліч проблем, одні з них виникають з вини постачальників, інші з вини споживачів, також ситуацію погіршує відсутність контролю зі сторони держави. Сукупність

цих факторів призводить до того, що все більше споживачів переходять на індивідуальне опалення.

Також гостро стоїть питання комерційного обліку споживання теплової енергії, адже, на відміну від лічильників на воду, лічильники на тепло часто відсутні не лише поквартирно, але й загальнобудинкові. Такий стан речей гальмує темпи термомодернізації в Україні.

### 2.2.2 Аналіз поточного технічного стану системи

Теплопостачання в будинку за адресою вул. А. Волошина (Я. Галана), 2 здійснюється централізовано. Технічні характеристики теплопостачання наведені в таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 – Технічні характеристики теплових мереж та систем

Джерело постачання	Зона ТЕЦ-5
Магістраль	№ 4
Тепловий пункт, що постачає теплову енергію	вул. Яблонської, 2
Вузол приєднання	ТК 133/6-5а
Постачальник послуг	КП "КИЇВТЕПЛОЕНЕРГО"

Будівля обладнана тепловим пунктом в підвалі (рис. 2.7), прийом теплоносія та облік спожитої теплової енергії відбувається саме тут.



Рисунок 2.7 – Теплопункт в ОСББ «Наш дім на Галана»

Схема теплопункту зазначена в додатку 3.

У теплопункті встановлений сучасний ультразвуковий лічильник ZENNER Multidata WR3 (рис. 2.8), також він оснащений такими вимірювальними пристроями, як термометри, манометр і витратоміром.



Рисунок 2.8 – Лічильник ZENNER Multidata WR3



Обладнання теплового пункту дозволяє слідкувати за тиском в системі, фіксувати кількість спожитої енергії.

Наявний елеваторний вузол, що дозволяє підмішувати теплоносії на звороті, що, в певній мірі, дозволяє регулювати перетопи та рівень споживання.

Розведення теплоносія відбувається з гори в низ, розводка стояків відбувається на в технічних приміщеннях горища.

Система опалення однотрубна. За проектом радіаторні батареї чугунні М-140, висотою 580мм, баланс теплоспоживання має забезпечуватись різною кількістю секцій на радіаторах та байпасами, регулювання термовентиллями не передбачено. Діаграма споживання теплової енергії за 2018 рік показана на рисунку 2.9.

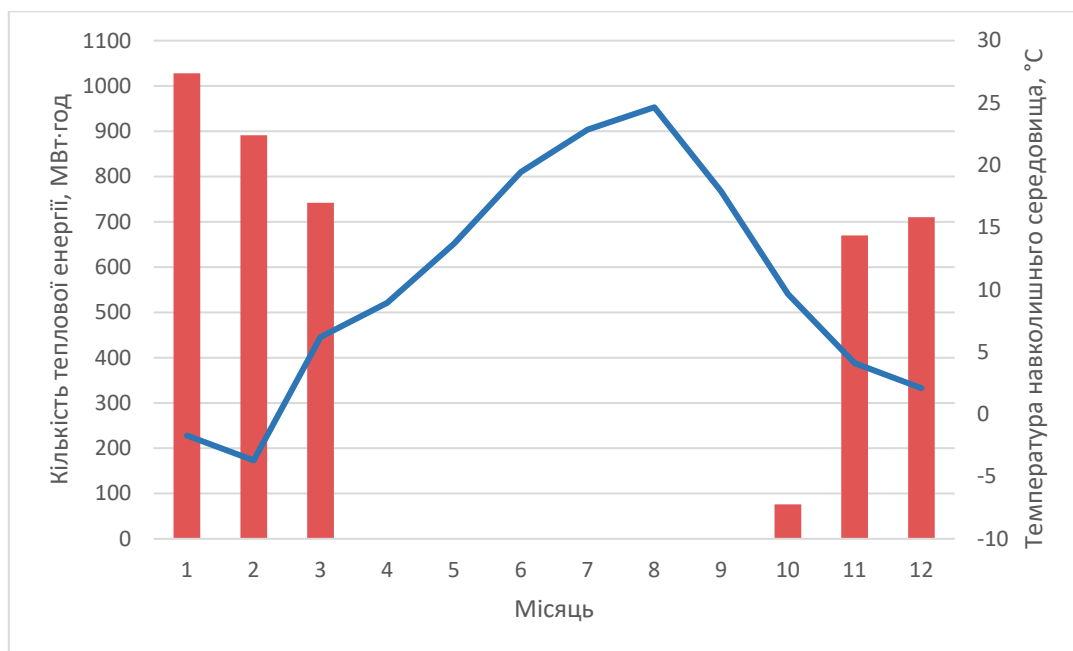


Рисунок 2.9 – Споживання теплової енергії на опалення помісячно та середньомісячні температури

Шляхом обходу квартир по стояку та зняття параметрів системи опалення, а також замірів температури повітря та температур поверхонь стін, було визначено: баланс системи наразі порушено, оскільки наявні самовільні модернізації інженерних систем, шляхом заміни моделі радіатора або

додаванням кількості секцій, в результаті такої модернізації, спостерігаються перетопи на верхніх поверхах та недотопи на нижніх. Результати замірів занесені до Додатку 3.

### 2.2.3 Шляхи підвищення ефективності

Під час дослідження об'єкту був виявлений прорахунок проектувальників, який полягає в тому, що неізольовані труби з гарячим теплоносієм, під час підйому на горище, де відбувається розподіл по стояках, проходять через під'їзд, в якому відсутні вікна, що призводить до значних втрат теплової енергії.

З таблиці 2.6 видно, що теплоносії втрачає від 3 до 6 °С.

Таблиця 2.6 – Температура поверхні труб в під'їзді

Пов ерх	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Тру ба 1	58,8	58,7	58,3	58	57,9	57,5	57,2	56,8	56,2	55,3	55,3	55,2
Тру ба 2	59,4	58,3	58	57,8	57,3	56,9	56,7	56,5	55,8	54,3	53,9	53,2

Втрати з 1 м труби при проходженні теплоносія на горище знаходяться за формулою (2.5).

$$q_l = \frac{\pi \cdot (t_{\text{тр.сер.}} - t_{\text{пов.ф.}})}{\frac{1}{\alpha \cdot d}}, \quad (2.5)$$

де  $\alpha$  – коефіцієнт тепловіддачі від стінки назовнішньому середовищу;

$d$  – діаметр труб,  $d = 0,1 \text{ м}$ ;

$t_{\text{тр.сер.}}$  – середня температура поверхні труб,  $t_{\text{тр.сер.}} = 56,8 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ;

$t_{\text{пов.ф.}}$  – середня температура повітря в під'їзді,  $t_{\text{пов.ф.}} = 7,15 \text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Коефіцієнт тепловіддачі від стінки труби навколишньому середовищу, знаходиться за формулою (2.6).

$$\alpha = \frac{Nu \cdot \lambda}{d}, \quad (2.6)$$

де  $Nu$  – критерій Нуссельта;

$\lambda$  – коефіцієнт теплопровідності повітря за температури  $7,15^{\circ}\text{C}$ ;

$d$  – діаметр труби.

Критерій Нуссельта визначається за формулою (2.7).

$$Nu = 0,15 \cdot (Gr \cdot Pr)^{0,25}, \quad (2.7)$$

де  $Gr$  – критерій Грасгофа;

$Pr$  – критерій Прандтля для повітря при температурі  $7,15^{\circ}\text{C}$ .

Критерій Грасгофа визначається за формулою (2.8).

$$Gr = \left( g \cdot \frac{1}{t_{\text{під.с.}} + 273} \cdot (t_{\text{тр.сер.}} + t_{\text{під.сер.}}) \right) \cdot d^3 / \nu^2, \quad (2.8)$$

де  $g$  – прискорення вільного падіння,  $g = 9,81 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$ ;

$\nu$  – кінематична в'язкість повітря за температури  $7,15^{\circ}\text{C}$ .

Параметри повітря отримуємо з таблиці 2.7 за допомогою інтерполяції.

Таблиця 2.7 – Теплофізичні властивості сухого повітря за умови нормального атмосферного тиску

t, °C	$\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	$C_p$ , кДж/кг·°C	$\lambda \cdot 10^2$ , Вт/м·°C	$a \cdot 10^6$ , м <sup>2</sup> /с	$\mu \cdot 10^6$ , Н·с/м <sup>2</sup>	$\nu \cdot 10^6$ , м <sup>2</sup> /с	Pr
-50	1,548	1,013	2,04	12,7	14,6	9,23	0,728
-40	1,515	1,013	2,12	13,8	15,2	10,04	0,728
-30	1,453	1,013	2,20	14,9	15,7	10,80	0,723
-20	1,395	1,009	2,28	16,2	16,2	12,79	0,716
-10	1,342	1,009	2,36	17,4	16,7	12,43	0,712
0	1,293	1,005	2,44	18,8	17,2	13,28	0,707
10	1,247	1,005	2,51	20,0	17,6	14,16	0,705
20	1,205	1,005	2,59	21,4	18,1	15,06	0,703
30	1,165	1,005	2,67	22,9	18,6	16,00	0,701
40	1,128	1,005	2,76	24,3	19,1	16,96	0,699

Необхідні нам параметри за температури 7,15 °C представлені в таблиці 2.8.

Таблиця 2.8 – деякі теплофізичні властивості повітря за температури 7,15°C

t, °C	$\lambda \cdot 10^2$ , Вт/м·°C	$\nu \cdot 10^6$ , м <sup>2</sup> /с	Pr
7,15	2,49005	13,9092	0,70557

Розрахуємо параметри Нуссельта і Грасгофа за формулами (2.7) і (2.8):

$$Gr = (9,81 \cdot \frac{1}{7,15 + 273} \cdot (56,8 - 7,15)) \cdot 2,7^3 / (13,9 / 10^6)^2 = 1,78 \cdot 10^{10};$$

$$Nu = 0,15 \cdot (1,78 \cdot 10^{10} \cdot 0,706)^{0,25} = 50,2.$$

Отже, знайдемо коефіцієнт теплопровідності від стінки труби за формулою (2.6).

$$\alpha = \frac{50,2 \cdot 0,025}{0,1} = 12,55 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2\text{К}}.$$

Підставивши значення у формулу (2.5) знайдемо теплові втрати з одного метра труби:

$$q_l = \frac{3,14 \cdot (56,8 - 7,15)}{\frac{1}{12,55 \cdot 0,1}} = 195,66 \frac{\text{Вт}}{\text{м}}.$$

Повні втрати теплоти по всій довжині труби знаходимо за формулою:

$$Q_{\text{тр}} = q_l \cdot h_{\text{пов}} \cdot n_{\text{пов}}, \quad (2.9)$$

де  $h_{\text{пов}}$  – висота одного поверху в під'їзді;

$n_{\text{пов}}$  – кількість поверхів в будинку з відкритими пробігами.

$$Q_{\text{тр}} = 195,66 \cdot 2,7 \cdot 11 = 5,811 \text{ кВт}.$$

Перерахуємо  $Q_{\text{тр}}$  на середньодобову температуру за опалювальний період для м. Києва ( $-0,1^\circ\text{C}$ ):

$$Q_{\text{тр}}^{\text{co}} = Q_{\text{тр}} \frac{(t_{\text{вн}} - t_{\text{co}})}{(t_{\text{вн}} - t_{\text{навк.факт}})} = 5,811 \cdot \frac{(7,15 + 0,1)}{(7,15 + 8)} = 2,789 \text{ кВт}.$$

З метою зменшення втрат пропонується утеплити труби вспіненим поліетиленом товщиною 10мм,  $\lambda = 0,035 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2\text{К}}.$

Втрати ізольованої труби знаходимо за (2.39):

$$q_{\text{із}} = \frac{\pi \cdot (t_{\text{тр.сер.}} - t_{\text{пов.ф.}})}{\frac{1}{\alpha \cdot d} + \frac{1}{2\lambda_{\text{із}} \cdot \ln \frac{d_{\text{із}}}{d_{\text{тр}}}}}, \quad (2.10)$$

де  $\lambda_{\text{із}}$  – коефіцієнт теплопровідності вспіненого поліетилену;

$d_{\text{із}}$  – діаметр ізоляції.

$$q_{\text{із}} = \frac{3,14 \cdot (56,8 - 7,15)}{\frac{1}{12,66 \cdot 0,1} + \frac{1}{2 \cdot 0,035 \cdot \ln \frac{0,2}{0,1}}} = 7,285 \frac{\text{Вт}}{\text{м}}.$$

Повні втрати з ізольованої труби в під'їзді за формулою (2.9):

$$Q_{\text{тр.із}} = 7,285 \cdot 2,7 \cdot 12 = 0,236 \text{ кВт}.$$

Перерахуємо  $Q_{\text{тр.із}}$  на середньодобову температуру за опалювальній період для м. Києва ( $-0,1^\circ\text{C}$ ).

$$Q_{\text{тр.із}}^{\text{co}} = Q_{\text{тр.із}} \frac{(t_{\text{вн}} - t_{\text{co}})}{(t_{\text{вн}} - t_{\text{навк.факт}})} = 0,236 \cdot \frac{(7,15 + 0,1)}{(7,15 + 8)} = 0,113 \text{ кВт}. \quad (2.11)$$

Зменшення втрат після впровадження заходу:

$$\Delta Q_{\text{тр}}^{\text{co}} = Q_{\text{тр}}^{\text{co}} - Q_{\text{тр.із}}^{\text{co}} = 2,789 - 0,113 = 2,676 \text{ кВт}. \quad (2.12)$$

Економія за опалювальний період:

$$E = \Delta Q_{\text{тр}}^{\text{co}} \cdot T \cdot n_o \cdot 24, \quad (2.13)$$

де  $T$  – тариф на теплопостачання,  $T = 1654,41 \frac{\text{грн}}{\text{Гкал}}$ ;

$n_o$  – кількість діб опалювального періоду,  $n_o = 176$  діб.

$$E = 0,0023 \cdot 176 \cdot 24 \cdot 1654,41 = 16072,9 \text{ грн.}$$

Капітальні затрати (КЗ) на впровадження заходу складаються лише з ціни самої ізоляції, яка становить 20грн/м, при необхідних 32,4м отримуємо 594грн., тобто з монтажем 1000грн.

Термін окупності:

$$PP = \frac{C}{E} = \frac{1000}{16072,9} = 0,062 \text{ року.} \quad (2.14)$$

Додатково, з метою запобігання перетопів та для отримання економічного ефекту після впровадження ЗЕЗів, необхідно замінити залежну схему теплопостачання, пропонується заміна на модульний блочний тепловий пункт від компанії OTOS BATT (рис. 2.10).

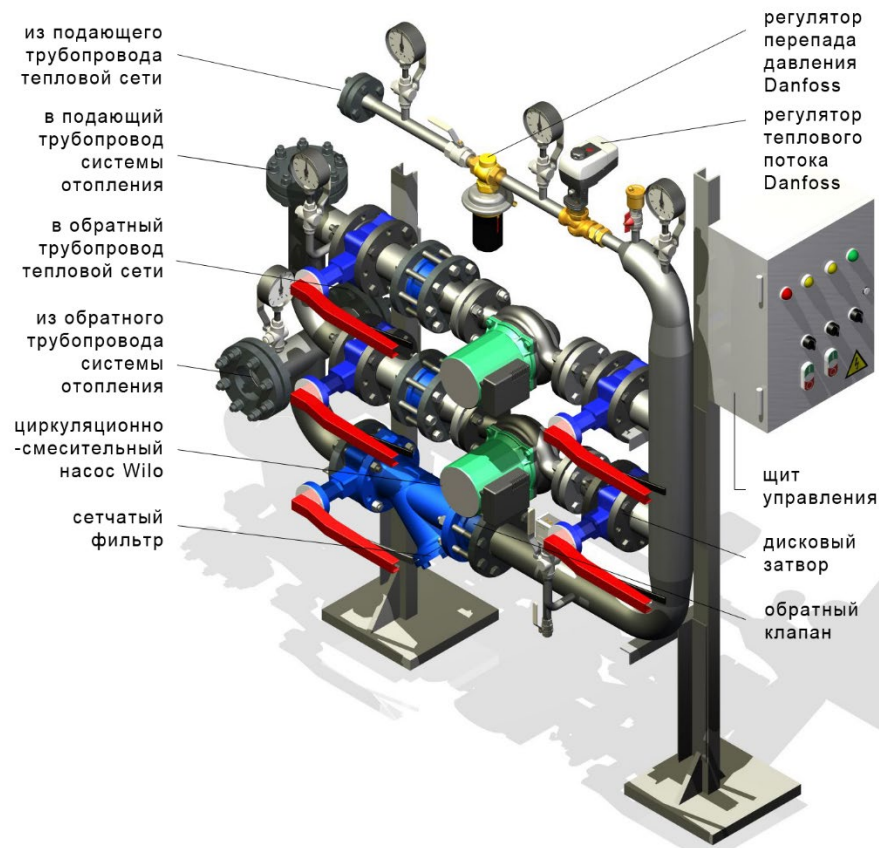


Рисунок 2.10 – модульный блочный тепловой пункт

Беззаперечною перевагою такого ІТП перед теплообмінником є ціна, яка з урахуванням теплової потужності будинку (0,94Гкал/год), дорівнює 217419 грн (для одного ІТП, необхідно 2) з урахуванням усіх витрат на монтаж та доставку.

Додатково в систему ІТП входить система автоматичного погодного регулювання, яка дозволить оптимізувати витрати теплової енергії.

Завдяки погодному регулюванню досягається повна відсутність перетопів, що дозволяє економити близько 20% від споживання теплової енергії:

$$E = 0,51 \cdot \frac{(18 - (-0,1))}{(18 - (-22))} \cdot 187 \cdot 24 \cdot 0,2 \cdot 1355,83 = 280851,6 \text{ грн.}$$

Приблизний термін окупності:



$$PP = \frac{217419 \cdot 2}{280851} = 1,55 \text{ оп. пер.} = 2 \text{ роки.}$$

Система обладнана двома насосами (основним та запасним), регулятором перепаду тиску та теплового потоку, що забезпечує її надійність.

Усі компоненти ІТП кріпляться на металевій рамі та врізаються в систему теплопостачання будинку.

## **2.3 Дослідження систем водопостачання та водовідведення**

### **2.3.1 Аналіз сучасного стану**

Системи гарячого водопостачання в Україні основані на одному з двох принципів: приготування гарячої води поруч з будівлею або в технічних приміщеннях будівлі в теплообмінниках від централізованого теплоносія, або індивідуальне приготування гарячої води від газових або електронних котлах.

Централізоване водопостачання несе за собою деякі негативні ефекти, серед яких великі втрати при транспортуванні гарячої води, особливо при приготуванні в окремих будівлях, охолодження гарячої води в системі під час простою (в ночні години), що призводить до перевитрати енергії на приготування ГВП та перевитрати води за час стікання охолодженої води з системи.

Додатково, оскільки система централізованого ГВП пов'язана з централізованим опаленням, вона переймає й мінуси системи централізованого опалення, такі як зношеність систем, регулярні аварії та як результат відключення ГВП під час цих ремонтів.

Беззаперечний плюс, економічність самого принципу централізованого приготування ГВП.

Перехід на індивідуальне приготування гарячої води, шляхом встановлення електричних водонагрівачів, в першу чергу спрямоване на подолання незручностей що пов'язані з відключенням гарячої води під час ремонтів, сприяє масовому переходу на такий вид приготування гарячої води й те, що на відміну від обліку тепла на опалення, облік споживання гарячої води часто є індивідуальним, що дозволяє не сплачувати зайві кошти за не спожиту, після встановлення нагрівача, гарячу воду.

### **2.3.2 Аналіз поточного технічного стану системи**

В будинку який є об'єктом дослідження магістерської дисертації, приготування ГВП відбувається централізовано.

При обході квартир індивідуальних водонагрівачів не помічено, а нарікань на перебої в водопостачанні від жителів будинку не було, що, проте, не свідчить про кращий рівень сервісу ніж в середньому по місту, оскільки ситуація з відключенням, найчастіше, спостерігається в літні місяці, а дослідження об'єкту відбувалось в осінньо-зимній період.

Приготування гарячої води здійснюється в окремій технічній будівлі поруч з будинком, де за допомогою теплообмінників здійснюється нагрів води від теплоносія систем централізованого опалення.

Нарікань на технічний стан системи ГВП від жителів будинку не було, огляд систем показав, що їх стан є задовільним.

Далі вже нагріта вода постачається в технічний підвал, звідки відбувається її подальший розподіл до квартир.

Схема розподілення ХВП та ГВП по квартирах наведена в додатку №.

Водовідведення в будинку також централізоване. Стан системи задовільний.

Схема розміщення каналізаційних мереж наведена в додатку №.

### **2.3.3 Шляхи підвищення ефективності**

Для підвищення енергоефективності систем ГВП та раціоналізації водокористування пропонується проводити роз'яснювальну роботу з жильцями будинку щодо раціонального використання водних ресурсів, агітувати їх щодо встановлення водяних аераторів на крани та двох рівневих арматур на зливні баки унітазів.

Також пропонується додатково утеплити трубопроводи розводки ГВП.

## Висновки до розділу

В процесі роботи над тепловою частиною магістерської дисертації було проведено дослідження поточного стану нормативної бази, статистичних даних щодо стану житлового фонду України та, власне, об'єкту дослідження.

Для самої будівлі були проаналізовані стан її інженерних систем, огорожуючих конструкцій, характеру теплопостачання, водовідведення та ГВП. Також в розділі були надані як результати фактичних замірів енергетичних характеристик будівлі так і результати дослідження технічної документації. Аналіз будівлі та ситуації по країні дав змогу оцінити показники будіволі, порівнюючи їх з середніми по Україні.

Також, на основі отриманих даних були запропоновані та розраховані з допомогою динамічного моделювання, та емпіричних розрахунків заходи з енергозбереження, що дало змогу оцінити їх економічну доцільність та вплив на енергоспоживання будівлі та рівень її енергетичної ефективності.

Всі запропоновані заходи з енергозбереження наведені в таблиці 2.9.

Таблиця 2.9 – Характеристики запропонованих заходів з енергозбереження

Захід	Капіталовкладення, грн	Економія, Гкал/рік	Економія, грн/рік	Окупність, років
Утеплення фасадів	2983332	223,73	370141	8
Утеплення трубопроводу	1000	9,715	16072,9	0,062
Встановлення ІТП	434838	46,69	77242,75	5,6

Надалі, результати отримані в процесі замірів енергетичних показників дали змогу провести дослідження спрямовані на аналіз впливу ряду факторів на параметри комфорту в приміщеннях при динамічному моделюванні.

## **2.4 Дослідження системи електропостачання**

### **2.4.1 Аналіз сучасного стану постачання електричної енергії**

#### **Аналіз ринку електричної енергії України**

Український ринок електричної енергії формується згідно до ЗУ «Про ринок електричної енергії». До впровадження закону постачання та розподіл електричної енергії забезпечувалося однією компанією, відтепер, з 01.01.2019, постачання електричної енергії здійснює постачальник електроенергії, а діяльність з розподілу електроенергії передана оператору системи розподілу (ОСР). Забезпечення ОСББ у Києві електричною енергією здійснюється оператором системи розподілу ПрАТ «ДТЕК Київські електромережі». Приєднання нових клієнтів до електромережі проводиться відповідно до Постанови НКРЕКП від 14.03.2018 №310 «Про затвердження Кодексу системи розподілу» [10].

Альтернативним постачальником електричної енергії для міста Києва може стати постачальник «останньої надії» (ПОН). Згідно [11] постачальником «останньої надії» в період з 1 січня 2019 року до 1 січня 2021 року визначено Державне підприємство зовнішньоекономічної діяльності «Укрінтеренерго».

#### **Аналіз динаміки тарифів на електроенергію**

Прибудинкові території будинку та місця загального користування обслуговуються ОСББ «Наш дім на Галана», який є юридичною особою, таким чином, тариф на електроенергію для потреб споживачів цієї групи є вищим ніж тариф для побутових споживачів. Тарифи для житлових будівель також не враховують додаткові видатки на компенсацію реактивної потужності, що виникає в споживачах. Об'єкт сплачує за спожиту електричну енергію за одноступінчастим тарифом.

Станом на 2019 рік, за електричну енергію спожиту загальнобудинковими територіями сплачує за тарифом 213,36 згідно [12].

Середні значення тарифів на електроенергію для ОСББ в 2014-2019 роках згідно [13] зведені до таблиці 2.10.

Таблиця 2.10 – Тарифи на електроенергію в копійках за 2014-2018 роки

Часові межі дії тарифу	Тарифи на електроенергію, в копійках, за 1 кВт·год		
	без ПДВ	ПДВ	з ПДВ
30.09.2014-31.03.2015	26,85	5,37	32,22
01.04.2015-31.08.2015	52,5	10,5	63
01.09.2015-29.02.2016	65,75	13,15	78,9
01.03.2016-31.08.2016	82,5	16,5	99
01.09.2016-28.02.2017	107,5	21,5	129
01.03.2017-28.02.2018	140	28	168
01.03.2018-28.02.2019	172,545	34,509	207,054
з 01.03.2018	177,8	35,56	213,36

Побудуємо графік зміни ціни електроенергії в залежності від періоду часу (рисунок 2.11).

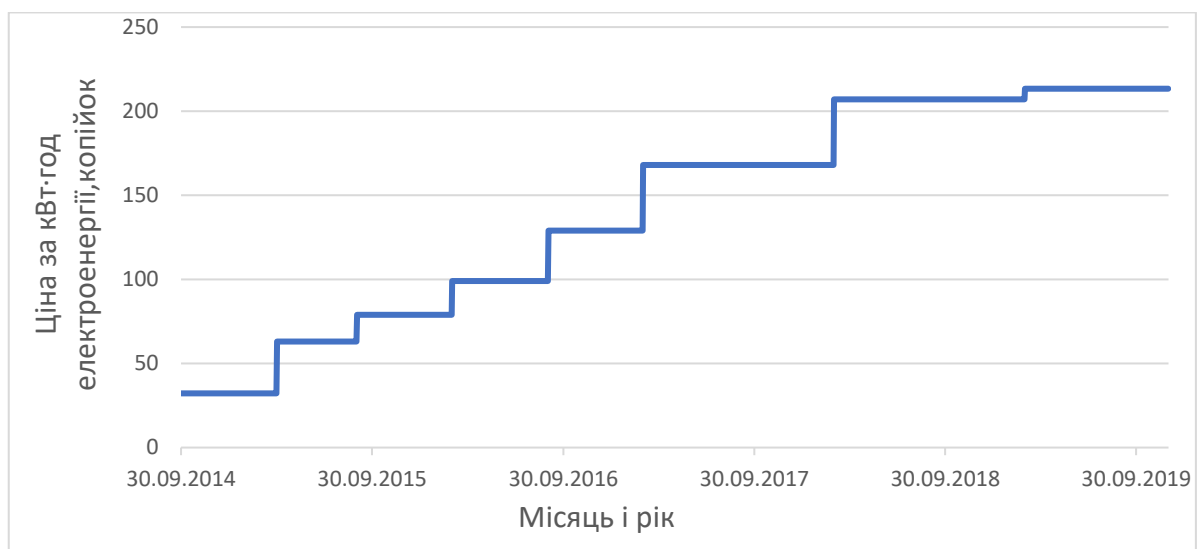


Рисунок 2.11 – Динаміка цін на електроенергію для юридичних осіб

На графіку спостерігається стабільне щорічне зростання ціни на електричну енергію на початку року. Однозначно, тарифи на електричну енергію продовжать своє зростання, що збільшить економічну доцільність впроваджених заходів з енергозбереження та, як наслідок, зменшать їх термін окупності, проте темпи зростання важко прогнозувати, оскільки в 2019 році темп зростання значно сповільнився.

#### 2.4.2 Аналіз поточного технічного стану системи електропостачання

##### Опис схеми зовнішнього електропостачання об'єкта

Схема електропостачання ОСББ виконана за другою категорією надійності електричного постачання. Схемою передбачено електроживлення об'єкту від однієї трансформаторної підстанції ТП-5316 (рис. 2.12). Будинок знаходиться на відстань 55м від ТП-5316.

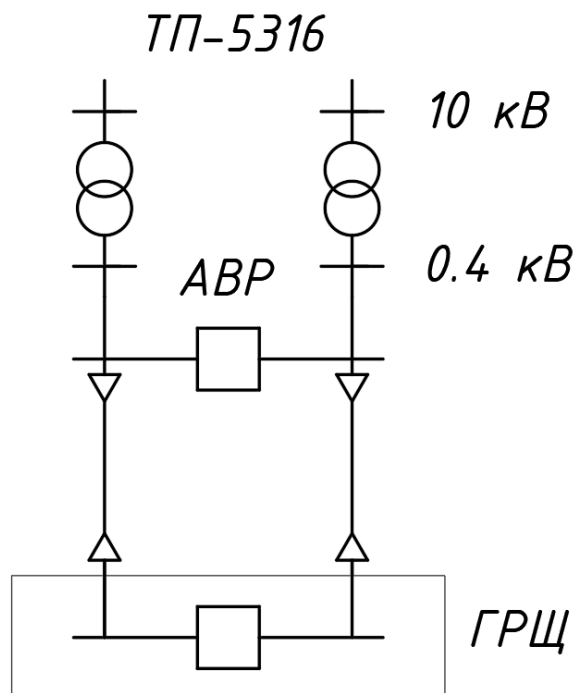


Рисунок 2.12 – Загальна схема електропостачання будинку

### **Опис схеми внутрішнього електропостачання об'єкта**

На кожному поверсі розташований РЩ, який забезпечує живлення квартир електричною енергією, тобто один РЩ розрахований на 4 квартири. ГРЩ, що в свою чергу забезпечує живлення усіх РЩ, знаходиться на цокольному поверсі ОСББ.

Від ТП-5316 до ГРЩ прокладені два кабелі живлення ВВГ 3·70+1·35. Розподіл по усім РЩ здійснюється силовими кабелями ВВГ 4·50.

В будинку комерційний облік споживання електроенергії будинку реалізований поквартирно, також в ОСББ встановлений лічильник для обліку енергії споживаної ліфтами і загальнобудинковими територіями. Переважна кількість лічильників обліку електроенергії змінені на сучасні, хоча виробник, модель і тип лічильника відрізняється в залежності від вподобань жильців квартир будинку.

У внутрішній схемі електропостачання ОСББ несправностей і недоліків не виявлено, зношеність системи у задовільному стані. Система електропостачання перебуває на балансі ОСББ, тому регулярно реконструюються і оновлюються за кошти мешканців будинку.

### **Характеристика трансформаторних підстанцій (вузлів розподілу електричної енергії) та їх завантаження**

Живлення ЖБ на вулиці Галана, 2 відбувається за допомогою ТП-5316, яка на момент проведення дослідження знаходилася на балансі ДТЕК «Київські електричні мережі».

Через те, що трансформаторна підстанція має іншого власника, ми не володіємо правом на проведення дослідження систем розподілу ТП, розробляти заходи з енергозбереження і рекомендувати будь-які додаткові рішення щодо трансформаторної підстанції.



Границя балансової належності і межа експлуатаційної відповідальності прописується в акті розмежування балансової та експлуатаційної відповідальності сторін, відповідно до цього акту межею експлуатаційної відповідальності вузол з'єднання загальнобудинкового комерційного лічильника електроенергії з мережею.

### **Характеристика основних споживачів електроенергії загальнобудинкових потреб**

Особливістю і складністю проведення енергоаудиту багатоквартирного житлового будинку є недоступність дослідження приватних квартир, оскільки власник кожної квартири, представлений фізичною особою, в той час коли ОСББ є юридичною особою, що володіє і відповідає за загальнобудинкові території, саме тому енергоаудит окремих квартир і рекомендації щодо рівня енергоефективності може проводитися лише при замовленні мешканців, тому дослідження і аналіз споживачів електроенергії на об'єкті можливе лише на загально будинкових територіях, а саме: під'їзд, сходові клітини, ліфти, техприміщення будинку.

До споживачів електричної енергії під'їзду, сходових клітин та технічних приміщень можна віднести лампи розжарювання, ліфтові установки, які в свою чергу від електричної енергії підживлюють освітлення у ліфтових кабінах та тягові електродвигуни (табл. 2.11).

Таблиця 2.11– Характеристика основних споживачів електроенергії об'єкта

Споживач	Кількість споживачів	Номінальна потужність, Вт	Тривалість роботи за рік, год	cosφ	Кп
Лампа під'їзду Б-220-230-60-1	272	60	8760	1	1
Лампа на сходах Б-220-230-60-1	44	60	4380	1	1
Лампа підвалу Б-220-230-60-1	28	60	100	1	1
Електродвигун пасажирського ліфту	1	3550	912,5	0,65	0,68
Електрообладнання пасажирського ліфту	1	1500	912,5		0,68
Електродвигун вантажного ліфту	1	6500	912,5	0,65	0,68
Електрообладнання вантажного ліфту	1	1500	912,5		0,68

Отже формуємо 3 групи споживачів:

- двигуни ліфтів;
- електрообладнання ліфтів;
- освітлення.

### **Розрахунок електричних навантажень об'єкту**

Проведемо розрахунок навантаження будинку за групами споживачів, використовуючи дані з таблиці 2.12 попереднього розділу.

Освітлення:

Освітлення під'їзду:

$$P_{\text{осв1}} = p_{\text{осв1}} \cdot n_{\text{осв1}} \cdot K_{\Pi} = 60 \cdot 272 \cdot 1 = 16320 \text{ Вт} = 16,32 \text{ кВт},$$

де  $P_{\text{осв1}}$  - потужність, що витрачається на освітлення під'їзду будинку;

$p_{\text{осв1}}$  - потужність однієї лампи розжарювання;

$n_{\text{осв1}}$  - кількість лам розжарювання в під'їзді будинку;

$K_{\Pi}$  - коефіцієнт попиту лампи розжарювання;

Оскільки лампи розжарювання не споживають реактивної потужності, то:

$$Q_{\text{осв1}} = 0 \text{ квар.}$$

Освітлення сходів:

$$P_{\text{осв2}} = p_{\text{осв2}} \cdot n_{\text{осв2}} \cdot K_{\Pi} = 60 \cdot 44 \cdot 1 = 2640 \text{ Вт} = 2,64 \text{ кВт},$$

де  $P_{\text{осв2}}$  - потужність, що витрачається на освітлення сходів у будинку;

$n_{\text{осв2}}$  - кількість лам розжарювання на сходових клітинах будинку.

$$Q_{\text{осв2}} = 0 \text{ квар.}$$

Освітлення підвалу:

$$P_{\text{осв3}} = p_{\text{осв3}} \cdot n_{\text{осв3}} \cdot K_{\Pi} = 60 \cdot 28 \cdot 1 = 1680 \text{ Вт} = 1,68 \text{ кВт},$$

де  $P_{\text{осв3}}$  - потужність, що витрачається на освітлення підвалу;

$n_{\text{осв3}}$  - кількість лам розжарювання в під'їзді будинку.

$$Q_{\text{освз}} = 0 \text{ квар.}$$

Електродвигуни ліфтів:

Активне навантаження:

$$\begin{aligned} P_{\text{л}} &= (p_{\text{п}} \cdot n_{\text{п}} + p_{\text{в}} \cdot n_{\text{в}}) \cdot K_{\text{пл}} = (3550 \cdot 4 + 6000 \cdot 4) \cdot 0,68 = \\ &= 25940 \text{ Вт} = 25,94 \text{ кВт}, \end{aligned}$$

де  $P_{\text{л}}$  – загальна активна потужність двигунів ліфтів будинку;

$p_{\text{п}}$  – потужність електродвигуна пасажирського ліфту;

$n_{\text{п}}$  – кількість пасажирських ліфтів у будинку;

$p_{\text{в}}$  – потужність електродвигуна вантажного ліфту у будинку;

$n_{\text{в}}$  – кількість вантажних ліфтів у будинку;

$K_{\text{пл}}$  – коефіцієнт попиту ліфтів за [14]

Реактивне навантаження:

$$Q_{\text{л}} = P_{\text{л}} \cdot \text{tg}(\arccos(\cos \varphi)) = 25,94 \cdot \text{tg}(\arccos(0,65)) = 30,5 \text{ квар},$$

де  $\cos \varphi$  – коефіцієнт потужності ліфту за [8].

Електрообладнання ліфтів:

$$\begin{aligned} P_{\text{обл.л.}} &= (p_{\text{обл.п.}} \cdot n_{\text{л}} + p_{\text{обл.в.}} \cdot n_{\text{л}}) \cdot K_{\text{пл}} = (1500 \cdot 4 + 1500 \cdot 4) \cdot 0,68 = \\ &= 8160 \text{ Вт} = 8,16 \text{ кВт}, \end{aligned}$$

де  $P_{\text{обл.л.}}$  – загальна активна потужність електрообладнання ліфтів будинку;

$p_{\text{обл.п.}}$  – потужність електрообладнання пасажирського ліфту;

$p_{\text{обл.в.}}$  – потужність електрообладнання вантажного ліфту у будинку.

За результатами розрахунків складемо баланс активної потужності об'єкта та зобразимо його у вигляді діаграми (рис 2.13).



Рисунок 2.13 – Баланс потужності загальнобудинкових потреб

Аналізуючи отриманий баланс можна визначити найбільш пріоритетних споживачів. Найбільш енергоємними споживачами електричної енергії є тягові електродвигуни ліфтів і прилади освітлення під'їздів.

### **Оцінка існуючих засобів компенсації реактивної енергії**

В досліджуваному ОСББ не ведеться облік та компенсація реактивної потужності, оскільки плата за споживання реактивної потужності не передбачена наявними тарифами.

### **Облік споживання електроенергії**

Облік споживання електричної енергії будинком проводиться за допомогою загальнобудинкового комунального лічильника електроенергії, а також персональних поквартирних лічильників жильців, яких налічується 175.

Тип, конструкція, модель та виробник поквартирних лічильників є персональним вибором мешканцями для кожної квартири і жильці самостійно проводили заміну застарілих приладів обліку.

Однозонний лічильник трьохфазного типу для обліку загального споживання електроенергії об'єктом NIK 2301 АП2 (5-60А,3х220/380В) розміщений в підвалі у технічному приміщенні.

Збір показників споживання загальнобудинкового лічильника здійснюється Іваненко П.П., головою ОСББ «Наш дім на Галана».

Результати даних споживання електричної енергії зводяться до електронних таблиць, що полегшує подальший аналіз і розрахунок, а також зручних для сплати тарифів.

### **Баланси річного споживання активної та реактивної енергії**

За показниками лічильника за 2018 складемо баланс річного споживання електричної енергії. Дані по споживанню електричної енергії показані у таблиці 2.12 і на рисунку 2.14.

Таблиця 2.12 – Помісячне споживання електричної енергії за 2018 рік

	2018 рік											
місяць	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
Споживання, кВт·год	717 9	648 0	680 0	703 0	701 9	556 4	485 4	456 0	563 8	754 2	721 6	718 0

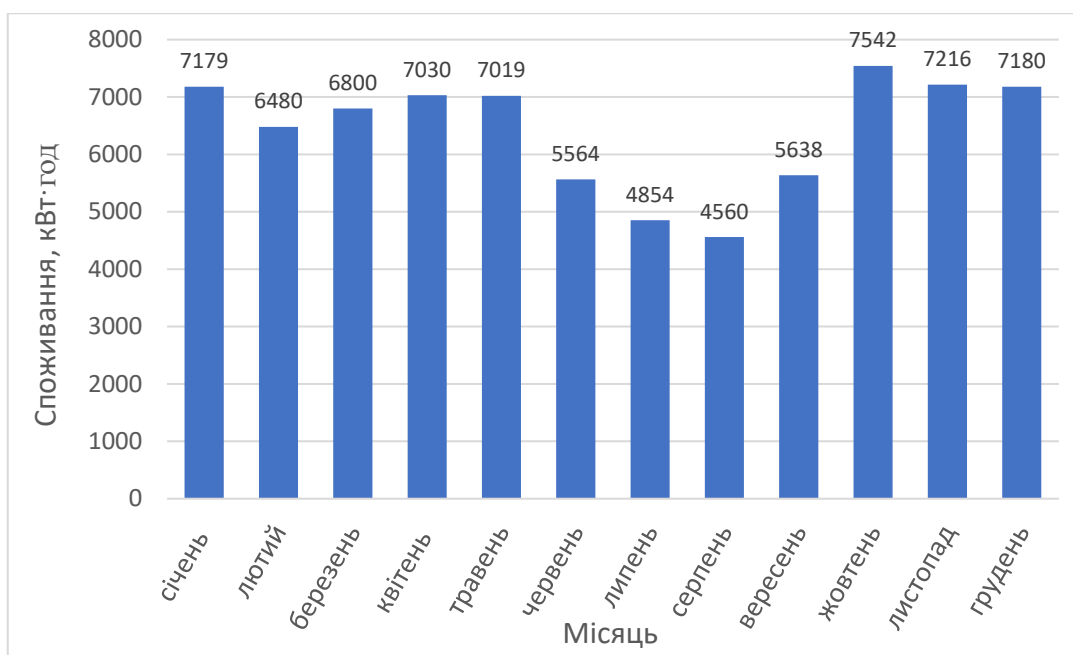


Рисунок 2.14 – Помісячні витрати електричної енергії у 2018 році

На графіку споживання електроенергії присутній значний провал з червня по вересень місяць, в першу чергу, це пов'язано в меншій необхідності освітлення загальнобудинкових територій, а також зі зменшенням використання ліфтів через те, що влітку частина людей знаходиться у відпустках або проживають за містом.

Розподіливши загальне споживання електричної енергії за групами споживачів маємо таку структуру споживання за 2018 рік (таблиця 2.13).

Таблиця 2.13 – Розподіл витрат електроенергії за споживачами на загальнобудинковій території

сумарно за 2018	Споживач	Споживання, кВт·год
	Потреби ОСББ	13136
	Освітлення	29866
	Ліфти	34060
	сумарно	77062

За даними таблиці 2.12 побудуємо діаграму, для наочності структури споживання див. рисунок 2.15.

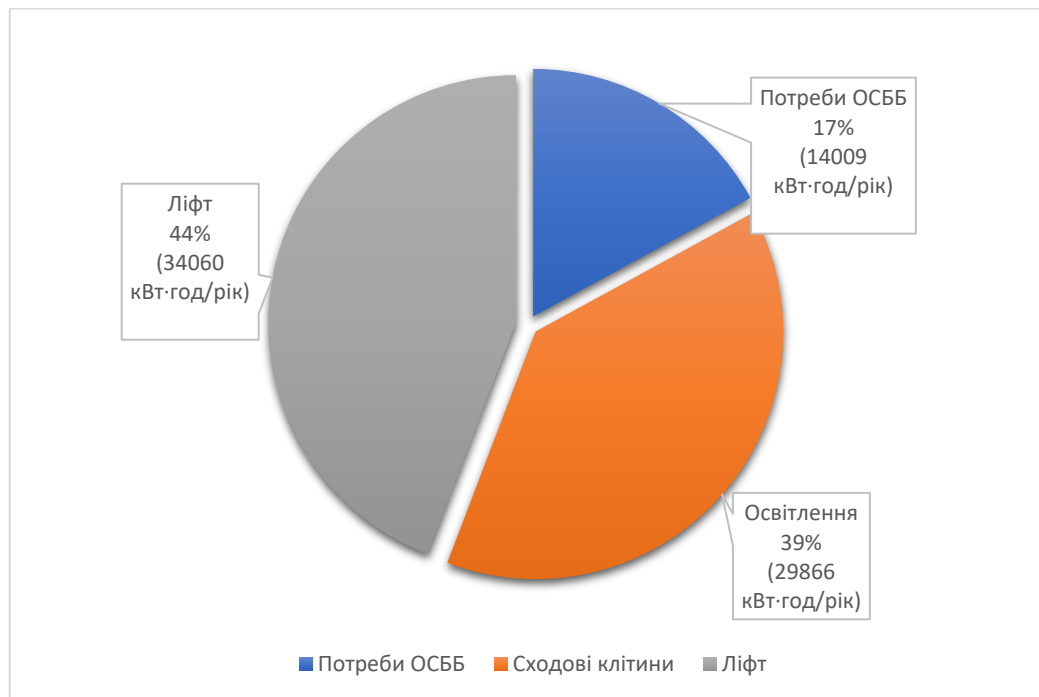


Рисунок 2.15 – Розподіл витрат електроенергії за 2018 рік

Аналіз діаграми (рис. 2.15) показує, що фактичні значення споживання електроенергії є аналогічними до ситуації споживання активної потужності, тому першочерговими заходами в енергозбереженні будуть реконструкція ліфтів та модернізація системи освітлення.

### 2.4.3 Шляхи підвищення ефективності використання системи електропостачання для забезпечення електричною енергією

#### Заміна електродвигунів ліфтів

Як показав аналіз річного електроспоживання загальнобудинковими територіями, найбільшими споживачами електричної енергії (майже 50%) в ОСББ є тягові електродвигуни ліфтів, тому варто розглянути заходи з підвищення їх рівня енергоефективності в першу чергу.



Двигуни ліфтів знаходяться в експлуатації з 1993 року (26 років) і жодного разу не проводилась модернізація. Згідно [15] строк максимальний строк експлуатації ліфта з першого запуску становить 25 років. Компанії, що займаються модернізацією і реконструкцією ліфтових установок рекомендують проводити планове технічне обслуговування ліфтів кожні 10 років, а через 15-20 років експлуатації ліфта проводити його модернізацію для продовження його строку експлуатації. Вчасна реконструкція може збільшити термін експлуатації ліфта на строк до 18 років.

за цей час їх ефективність значно знизилась, тому їх заміна на більш нові та сучасніші двигуни з більшим ККД є доцільним заходом з енергоефективності і дає змогу до заощадження.

В ОСББ в кожному, з чотирьох, під'їздів працюють по два ліфти. Для вантажного ліфту обираємо двигун 5АН225МА6/24НЛБ 9 кВт 1000/250 об/хв, (рис. 2.16) Для пасажирського 5АН200МА6/24НЛБ 6,5 кВт 1000/333 об/хв. Сумарна вартість обох електродвигунів складає 40000 грн з урахуванням всіх видатків.



Рисунок 2.16 – Електродвигун ліфтовий 5АН200МА6/24НЛБ

## **Заміна ламп розжарювання в під'їздах та на сходах на енергоефективні**

Досліджуючи баланс річного електроспоживання загальнобудинковими територіями було виявлено, що значна частина електричної енергії споживається освітленням, це спричинено використанням низькоефективних та енергозатратних ламп розжарювання Б-220-230-60-1, що освітлюють кожен поверх в під'їздах ОСББ. Для забезпечення енергозбереження рекомендується замінити прилади освітлення на сучасні високоефективні світлодіодні лампи Philips A60 RCA (929001203887) (рис. 2.17). Заявлені виробником основні характеристики лампи показані у таблиці 2.14

Таблиця 2.14 – Основні параметри LED лампи Philips A60 RCA

Цоколь	E27
Аналог лампи розжарювання, Вт	75
Потужність, Вт	5
Світловий потік, лм	800
Строк служби, год	15 000



Рисунок 2.17 – LED-лампа Philips A60 RCA

Запропонована LED-лампа забезпечує кращий світловий потік 800 лм при меншому енергоспоживанню, у порівнянні з лампами розжарювання 60 Вт, що мають 710 лм. Завдяки заміні ламп підвищиться рівень освітленості у під'їзді, а отже зростуть і умови комфорту, на сходових клітинах

### **Встановлення датчиків присутності в під'їзді будинку та на сходах**

Проектом ОСББ не передбачено жодних світлопрозорих конструкцій для забезпечення природнього освітлення на ліфтовому майданчику і поблизу квартир, тому ці зони обладнані цілодобовим штучним освітленням.

На сходах освітлення працює лише в темні години, в середньому 12 годин на добу. За результатами спостерігання жильці майже не користуються сходами, вони надають перевагу ліфту, тому було рекомендовано звести тривалість роботи системи освітлення до мінімуму шляхом встановлення у під'їзді датчиків руху.

Як показує практика мешканці будинку проводять у під'їзді не більше 1000 годин за рік.

Запропоновано встановити у під'їздах датчики присутності Euroelectric ST-09B BLACK 180°, IP44, вартість таких пристроїв [16] становить 255,6 грн за штуку, вартість монтажу і налаштування приймемо 100 грн за один датчик присутності. Схема місць встановлення датчиків руху на сходовій клітині, на прикладі одного поверху показана на рисунку 2.17.

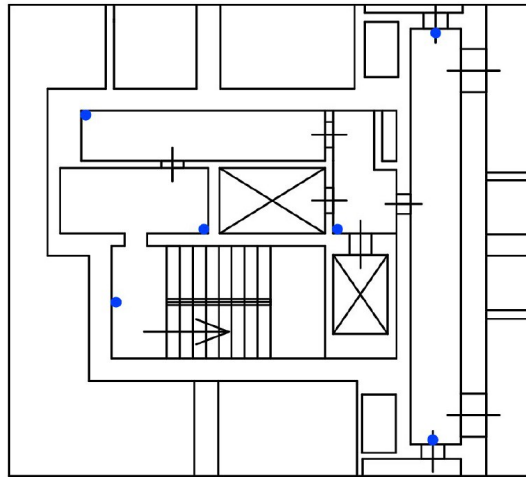


Рисунок 2.17 – Схема розміщення датчиків присутності на загальнобудинковій території будинку

### **Система автоматичного регулювання опалення**

Система опалення ОСББ спроектована за старими стандартами має безліч недоліків, таких як розбалансування, перетопи в деяких квартирах, неможливість регулювання системи. Для вирішення цієї проблеми, а також для використання потенціалу енергозбереження запропоновано впровадити систему автоматичного регулювання і балансування системи опалення.

Для встановлення системи рекомендується мати індивідуальний тепловий пункт, який вже наявний в будинку. В кожному з 4 під'їздів встановлюється проміжний контролер під управлінням якого, знаходяться 14 клапанів регулювання витратою теплоносія на кожному стояку. Ззовні будинку знаходиться датчик температури і активності сонячної радіації. Все обладнання підключається до головного контролера управління (рис. 2.18).



Рисунок 2.18 – Головний контролер системи автоматичного управління і балансування системи опалення

Вищеописана система забезпечує автоматичне балансування тисків по стояках, дозволяє зменшувати потужність системи опалення у періоди тимчасового потепління та налаштувати пониження температури у приміщеннях у вказані години.

Оскільки регулювання здійснюється по стояках, це дозволяє мешканцям на зборах ОСББ прийняти рішення, щодо температури, часу та приміщень в яких, впроваджувати регулювання. Економія від такого заходу може досягати 30-40% за опалювальний сезон.

#### **2.4.4 Пропозиції щодо модернізації системи електропостачання об'єкту для реалізації завдань магістерської дисертації**

Завдання магістерської дисертації полягає у застосуванні динамічного енергетичного моделювання для енергоаналізу будівель при енергоефективній модернізації.

Програмне забезпечення, що застосовувалося, створене для детального аналізу теплових потоків у приміщеннях, тому не має можливостей до детального дослідження електричної складової будівлі. Модель враховує лише питомі приблизні показники, Вт/м<sup>2</sup>, для освітлення і електроприладів, тобто складову, що впливає на теплопотребу будівлі.

Було б доцільно врахувати в моделі конкретне обладнання, його кількість та потужність. Оскільки в дослідженнях енергоспоживання об'єкта ми змінювали параметри системи опалення, то це також спричиняє зміни у використанні електричних опалювальних приладів і іншого обладнання, яке не враховується. Також для повного енергоаналізу необхідно мати можливість реалізації заходів з енергозбереження в частині систем електропостачання.

### **Висновки до розділу**

У роботі проведений аналіз впливу ринкових змін на ОСББ. Розглянута структура постачання електричної енергії кінцевому споживачу. На сьогоднішній день в Україні за постачання і за розподіл електричної енергії відповідають різні компанії: постачальник електричної енергії і оператор системи розподілу. Для ОСББ «Наш дім на Галана» оператором системи розподілу виступає ПрАТ «ДТЕК Київські електромережі». Також при відсутності бажання працювати з вищезазначеним ОСР об'єкт може укласти договір з постачальником «останньої надії», яким було визначено ДПЗД «Укрінтеренерго».

Тарифна політика для ОСББ характеризується постійним стабільним зростанням цін на електричну енергію, це робить заходи з енергозбереження ще більш ефективними.

На об'єкті проведений огляд систем зовнішнього і внутрішнього електропостачання. Живлення будинку забезпечується від однієї трансформаторної підстанції ТП-5316. Стан внутрішньої мережі електросистеми перебуває у задовільному стані. Основними споживачами на загальнобудинковій території є пасажирські і вантажні ліфти, а також освітлення сходових клітин і приквартирних зон. Розраховано активне і реактивне навантаження, а також проаналізовано фактичне споживання електричної енергії і складений баланс споживання електроенергії на загальнобудинкових територіях.

В будинку встановлені індивідуальні комунальні лічильники обліку електричної енергії у кожній квартирі, а також загальні лічильники для обліку споживання електроенергії на потреби ОСББ.

Наявними тарифами не передбачена плата за споживання реактивної потужності, тому в досліджуваному будинку не ведеться облік та компенсація реактивної енергії.

Розроблено ряд корисних заходів, впровадження яких дозволить підвищити рівень енергетичної ефективності будівлі і зменшити фінансові затрати за споживання енергоресурсів. Пріоритетними до реалізації заходами мають стати ті, що зменшать споживання найбільш енергоємних споживачів, тобто заходи, що стосуються ліфтів і систем освітлення. Було запропоновано замінити електротягові двигуни ліфтів, повністю замінити прилади освітлення на енергоефективні, а також модернізувати систему освітлення датчиками присутності.

### **3 АНАЛІЗ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК БАГАТОКВАРТИРНОГО БУДИНКУ НА ОСНОВІ ДИНАМІЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ**

Для проведення модернізації і реконструкції будівлі необхідно попередньо детально дослідити фактичний стан об'єкту та його інженерних систем.

Сучасні комп'ютерні технології і програмне забезпечення дозволяють без складнощів створити динамічну математичну модель об'єкта майже будь-якої складності для подальшого її використання у наукових і професійних цілях[17].

Динамічна модель дозволяє детально дослідити окремі елементи об'єкту [18], а також роботу будівлі в цілому, виявити основні недоліки та оцінити шляхи їх вирішення. При наявності комп'ютерної моделі подальші затрати часу і фінансів на дослідження набагато нижче[19], ніж в альтернативних методах, при цьому результати роботи з динамічною моделлю зазвичай точніші і ближчі до реальних умов, оскільки використовують складні методи математичного розрахунку і враховують більшість факторів і умов, що можуть здійснювати вплив на роботу об'єкта[20,21].

#### **Програмне забезпечення**

Для зручності, базова модель створювалась у програмному забезпеченні DesignBuilder [22] (рис. 3.1) – адаптована для користувачів програма зі зручним графічним інтерфейсом, в якій спрощена побудова геометрії будівель та задання початкових умов. Подальше корегування моделі і безпосередньо моделювання здійснювалось за допомогою консольної програми EnergyPlus [23, 2] (рис. 3.1), що являється одним з найпотужніших на ринку інструментом для моделювання енергетичного навантаження будівель та енергоаналізу інженерних систем[4].





Рисунок 3.1 – Логотип EnergyPlus'a і DesignBuilder'a

### **Зовнішні умови**

Розрахунки на основі кліматичних даних, що наводяться в нормативних документах України [2, 4], можуть бути здійсненні на основі стаціонарних, або квазістаціонарних методів [2] для моделювання на основі кліматичних даних потрібно використовувати погодинні кліматичні дані, наприклад IWEC [24].

Створені моделі враховують не тільки задані статичні і динамічні параметри самої будівлі, але й зовнішні кліматичні умови, що можуть здійснювати вплив на роботу об'єкту [25]. В якості вихідних погодних умов були використанні дані IWEC (The International Weather for Energy Calculation) [24] для міста Києва зібрані Національним центром кліматичних даних США. База погодних даних IWEC враховує такі погодинні дані як температуру сухого термометра (рис. 3.2), напрям і швидкість вітру, пряму та розсіяну сонячну радіацію, відносну вологість, атмосферний тиск, тощо.

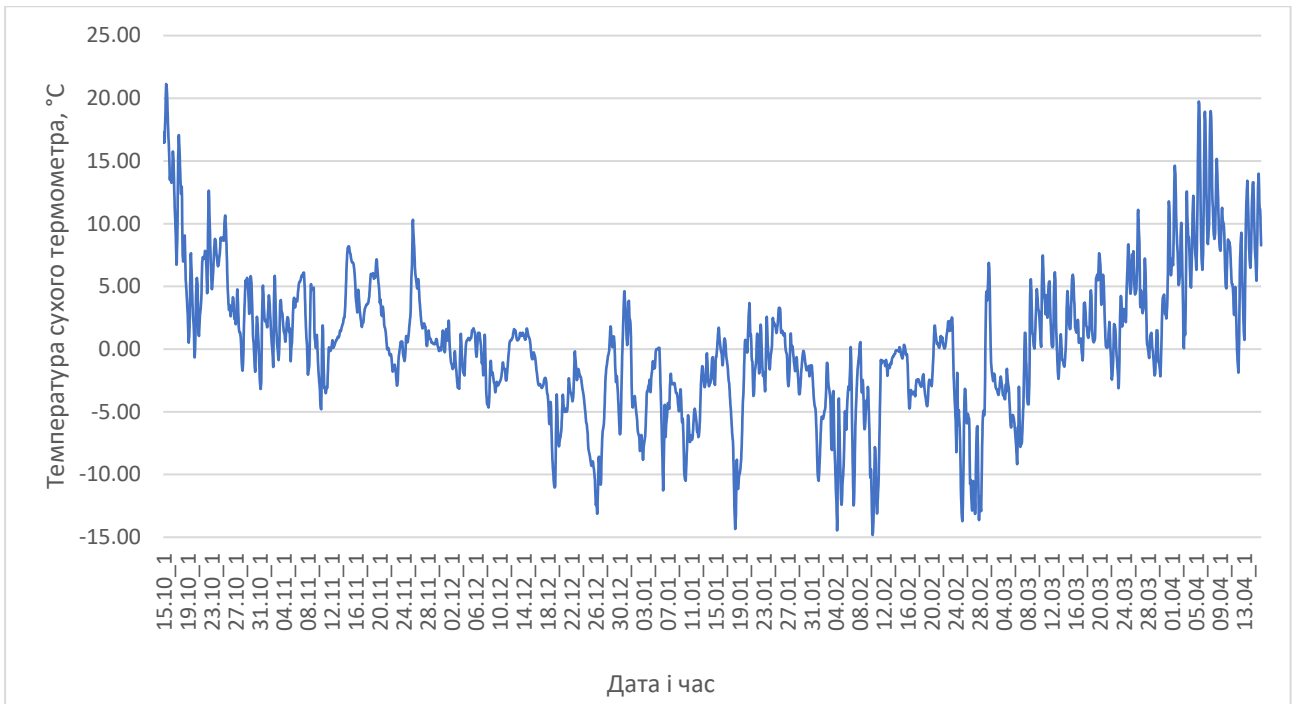


Рисунок 3.2 – Температура зовнішнього повітря протягом опалювального сезону для м. Києва

Сонячні теплонадходження на зовнішні вертикальні поверхні на південній орієнтації приблизно у 3 рази більші, ніж при північній, це спричиняє відмінності в енергопотребі приміщень різної орієнтації (рис. 3.3 і 3.4).

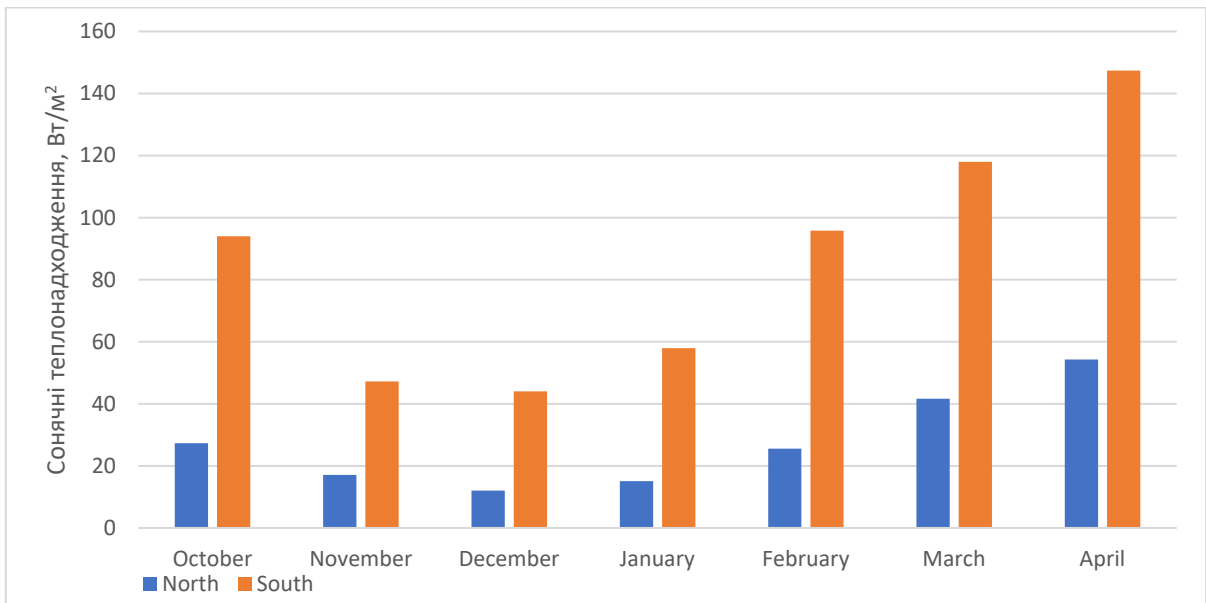


Рисунок 3.3 – Сонячні теплонадходження на вертикальні поверхні північної і південної орієнтації у місяці опалювального періоду

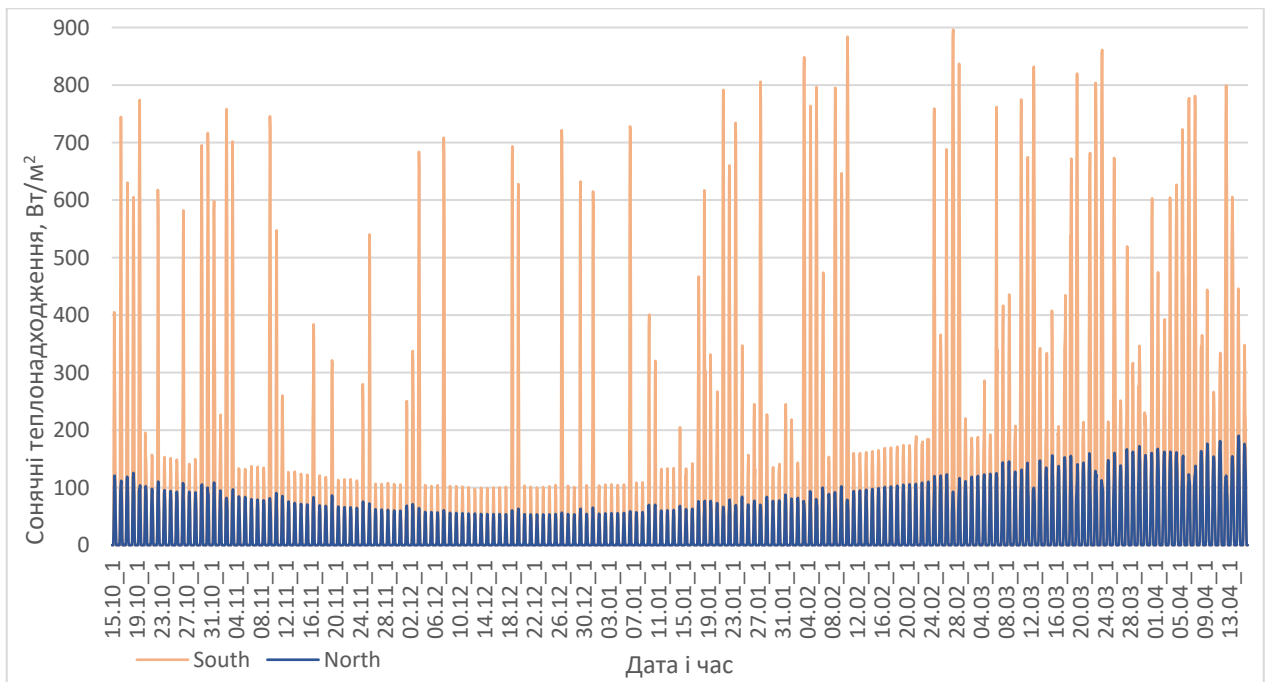


Рисунок 3.4 – Погодинні сонячні теплонадходження на вертикальні поверхні північної і південної орієнтації протягом опалювального періоду

### Вхідні та вихідні параметри моделі

При проведенні обстеження будівлі та вивченні технічної документації були визначені основні характеристики об'єкту для створення динамічної комп'ютерної моделі: генплан, зовнішні та внутрішні обміри будівлі, склад стін та перегородок, стан світлопрозорих та дверних конструкцій, кількість жильців, системи теплопостачання, вентиляції та електропостачання. Коефіцієнт застління ОСББ в середньому становить 35%, але для наявного житлового фонду України площа застління може варіюватись від 20% до 60%. Повний фасад будинку зображений на рисунку 3.5.



Рисунок 3.5 – Повний фасад будинку у ПЗ DesignBuilder

Теплопостачання та гаряче водопостачання здійснюється централізовано (рис. 3.6). Згідно стандартам та нормам часів забудови будинку проектна температура в квартирах  $18^{\circ}\text{C}$  і не змінюється з часом, у приміщеннях загального користування  $16^{\circ}\text{C}$ .

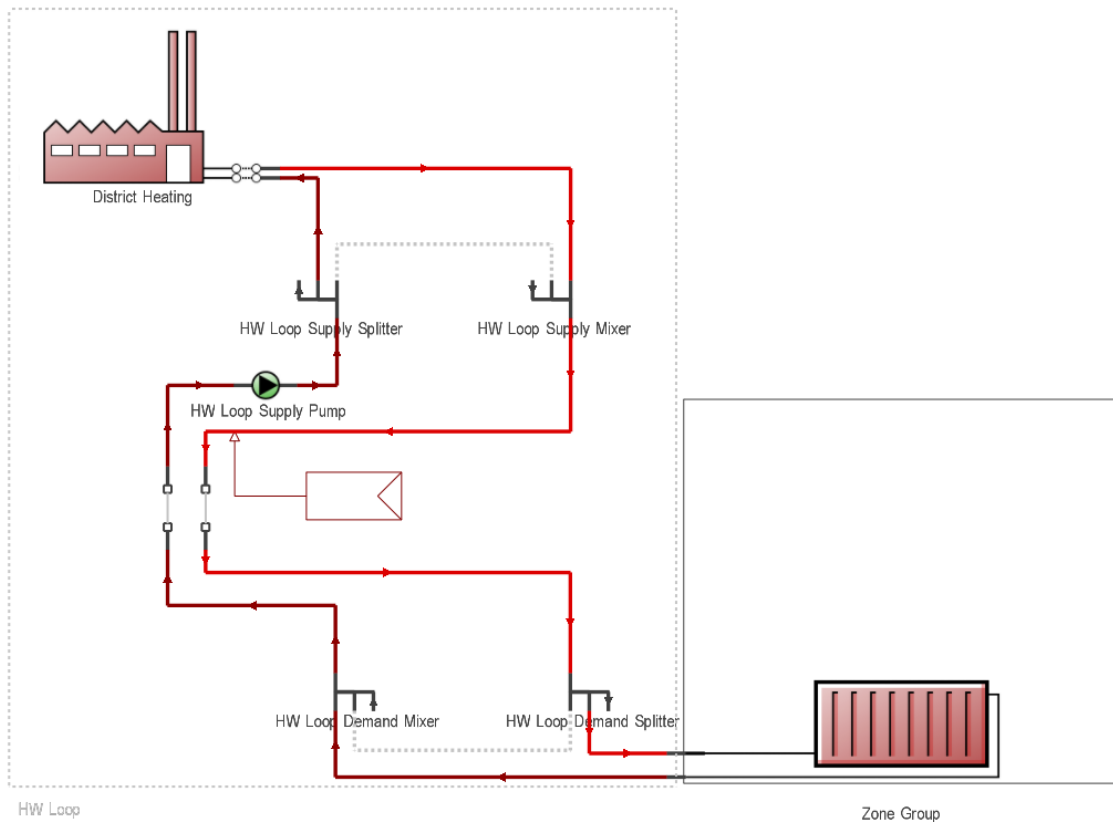


Рисунок 3.6 – Схема теплопостачання ОСББ

Модель враховує тепловиділення від освітлення, електроприладів, активності людей у приміщенні та генерацію CO<sub>2</sub> в результаті процесів метаболізму (рис. 3.7). Вентиляція природня з мінімальним повітрообміном  $7 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/(\text{с} \cdot \text{люд.}) + 0,35 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/(\text{с} \cdot \text{м}^2)$ . Освітлення задане необхідним рівнем освітленості згідно [25] 300 лк та питомою густиною освітлення  $12 \text{ Вт/м}^2$ .

Розраховані значення витрат гарячої та холодної води за нормативними показниками. Задані режими роботи будівлі, системи опалення, вентиляції, активності людей, освітлення, електроприладів, використання кухні, тощо.

Category	Parameter	Value
Activity Template	Template	Halana_flats_activity_18C
	Sector	Residential spaces
	Zone type	1-Standard
	Zone multiplier	1
Floor Areas and Volumes	Include zone in thermal calculations	<input checked="" type="checkbox"/>
	Include zone in Radiance daylighting calculations	<input checked="" type="checkbox"/>
	Occupancy density (people/m2)	0.0350
	Schedule	Dwell_DomBed_Occ
Occupancy	Metabolic	
	Activity	Writing
	Factor (Men=1.00, Women=0.85, Children=0.75)	0.90
	CO2 generation rate (m3/s-W)	0.0000000382
Environmental Control	Heating Setpoint Temperatures	
	Heating (°C)	18.0
	Heating set back (°C)	18.0
	Cooling Setpoint Temperatures	
Minimum Fresh Air	Fresh air (l/s-person)	7.000
	Mech vent per area (l/s-m2)	0.350
	CO2/Contaminant Setpoints	
	Lighting	
Computers	Target Illuminance (lux)	300
	Default display lighting density (W/m2)	12
	On	<input checked="" type="checkbox"/>
	Power density (W/m2)	3.00
Office Equipment	Schedule	Dwell_DomBed_Equip
	Radiant fraction	0.200
	On	<input checked="" type="checkbox"/>
	Power density (W/m2)	11.00
Miscellaneous	Schedule	Dwell_DomBed_Equip
	Radiant fraction	0.200
	On	<input checked="" type="checkbox"/>
	Power density (W/m2)	17.00
Catering	Schedule	Halana_catering
	Fuel	1-Electricity from grid
	Fraction lost	0.000000
	Latent fraction	0.000000
Process	Radiant fraction	0.200000

Рисунок 3.7 – Налаштування моделі у ПЗ DesignBuilder

Спостерігався значний спад температури повітря в квартирах та теплоносія в радіаторі по одному стояку, що викликало деякі складнощі при енергоаналізі будівлі, скільки EnergyPlus не здатен враховувати такі недоліки системи, як зниження коефіцієнту ефективності радіаторів опалення, а також розраховувати модель для не ідеальних температурних умов. Саме тому комп'ютерна модель була відкорегована для досягнення значень споживання тепла наближених до реальних умов.

EnergyPlus здатен виводити безліч параметрів, в якості вихідних даних моделювання. Всі результати виводяться у вигляді таблиць з даними або у текстових форматах. Моделювання може здійснюватися для річного, помісячного, погодинного періоду або із заданим кроком на годину.

Для досягнення мети нашої роботи за допомогою динамічного моделювання ми отримали дані за опалювальний період по навантаженню на систему опалення, сонячні теплонадходження через вікна та стіни, внутрішні теплонадходження від електроприладів, освітлення та діяльності роботи людей, тепловтрати через зовнішні огорожувальні та світлопрозорі конструкції, теплові втрати через інфільтрацію та вентиляцію, теплові перетоки через

внутрішні конструкції, зовнішню температуру сухого термометра, радіаційну температуру, внутрішню температуру повітря у приміщенні.

### **Аналіз світлопрозорих конструкцій**

Враховуючи, що досліджуваний ОСББ має досить складну архітектуру, результати моделювань важко використовувати для будівель масової забудови. Саме тому, у роботі для аналізу обрані найбільш типові, для житлового фонду України, характеристики огорожувальних конструкцій та коефіцієнти засклення. Моделювання проведені для будівель з північною і південною орієнтаціями, з цегляною зовнішньою стіною товщиною 250 мм і коефіцієнтами засклення від 20% до 60%.

Більшість вікон у багатоквартирних будинках, це неенергоефективні однокамерні металопластикові зі строком експлуатації більше 10 років, крім того зустрічаються навіть вікна з дерев'яними рамами, встановлені ще за пострадянських часів. На сьогоднішній день ринок пропонує широкий вибір сучасних енергоефективних рішень світлопрозорих конструкцій. Набирають все більшої популярності багатокамерні вікна, скло з селективним покриттям, камери з інертним газовим наповненням та енергозберігаючі плівки для вікон.

Встановлення енергозберігаючих вікон (LoE glass, Low emissivity glass) є ефективним заходом, що підвищить умови комфорту та зменшить енергопотребу приміщення. Такі вікна відрізняються тим, що мають скло з селективним покриттям – багато шарів срібла, що наноситься на поверхню скла всередині камери. На сьогодні є дві технології нанесення іонів срібла на віконне скло:

- Піролітичне осадження (Pyrolytic) – k-скло;
- Магнетронне вакуумне напилення (MSVD) – i-скло.

В результаті встановлення такі вікна відбивають довгохвильове радіаційне випромінювання, яке спричиняють радіатори опалення та інші поверхні всередині приміщення не дозволяючи теплоті викидатися в оточуюче середовище. Такий самий ефект здійснюється і на довгохвильове сонячне

випромінювання: вікно блокує інфрачервоний та ультрафіолетовий спектр сонячних променів, але при цьому пропускає видиме світло.

Звичайне двокамерне вікно пропускає близько 68% теплової енергії і 74% світла, а двокамерне енергоефективне вікно з двома шарами селективного покриття здатне зменшити пропускання тепла на 21% (до 47%), при цьому пропускання видимого світла зменшується на 7% (до 66%) (рис 3.8). Також варто відмітити, що в теплий період LoE вікно також блокує проходження теплової енергії сонячних променів та радіаційне випромінювання зовнішніх поверхонь, що зменшує внутрішню температуру у приміщенні.

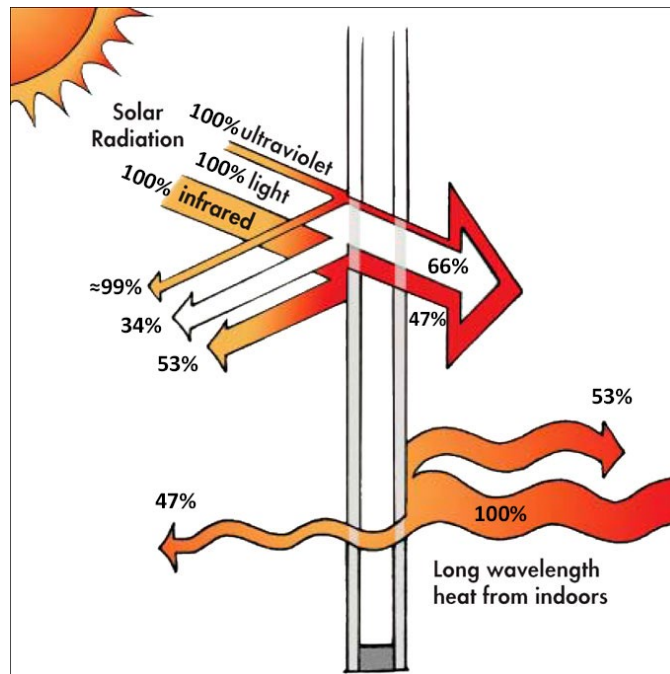


Рисунок 3.8 – Схема роботи LoE вікна

Для дослідження впливу різних типів вікон на енергетичні характеристики будівлі взята типова стіна з високим коефіцієнтом теплопровідності  $U=0,435 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$  та взяті три коефіцієнти засклення 0,2, 0,4 і 0,6. Проаналізовані різні типи двокамерних склопакетів: з повітряним та аргоновим наповненням, з різними варіантами нанесення селективного покриття (без селективного покриття, с селективним покриттям на внутрішньому склі, на зовнішньому склі, на внутрішньому і на зовнішньому склі). Дослідження



проведені для північної і південної орієнтацій. Всього для аналізу впливу характеристик засклення на енергопотребу будівлі було проведено 48 різних моделювань для різних типів засклення.

Відсоток засклення впливає на енергопотребу будівлі, оскільки коефіцієнт теплопровідності світлопрозорих конструкцій значно нижчий, ніж стін [28]. Цей вплив відмінний при північній і південній орієнтаціях. На рисунках 3.9 і 3.10 наведено річне енергоспоживання розглянутого приміщення.

Умовні позначення до підрозділу:

air – вікно з повітряним заповненням;

arg – вікно з аргоновим заповненням;

os – селективне покриття на внутрішній поверхні зовнішнього скла;

is – селективне покриття на зовнішній поверхні внутрішнього скла;

ois – селективне покриття на внутрішньому та на зовнішньому склі;

ws – без селективного покриття;

S - південь;

N - північ.

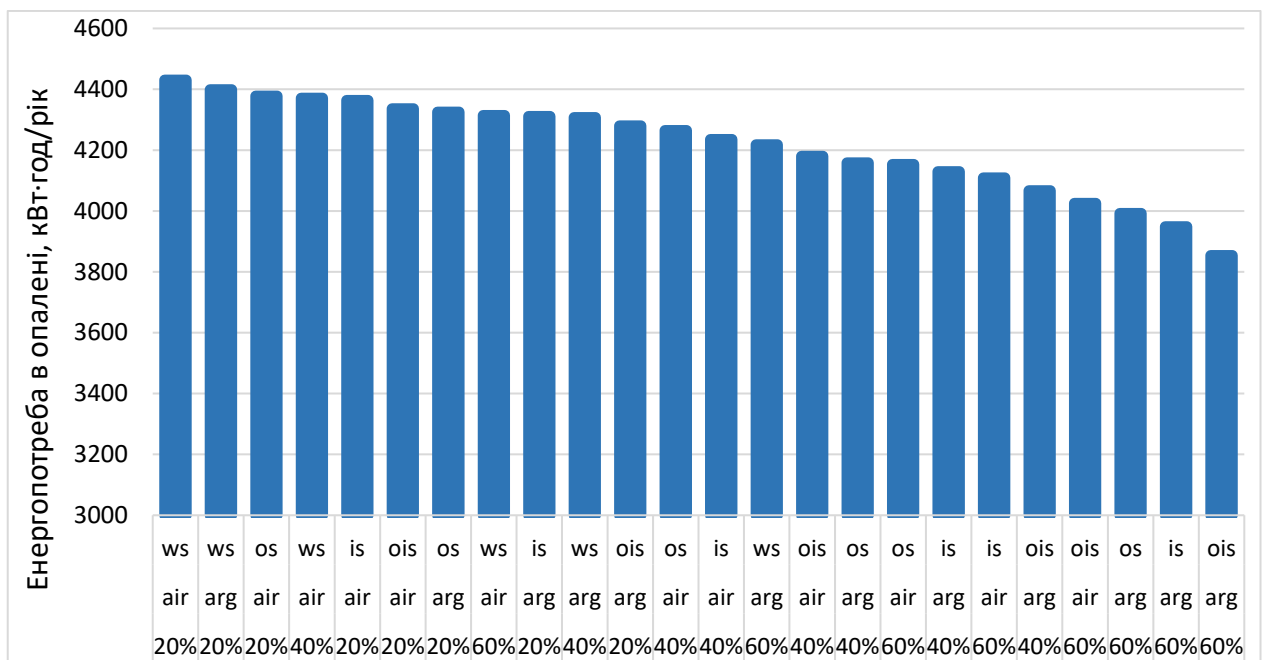


Рисунок 3.9 – Річна енергопотреба в опаленні в залежності від площі засклення, заповнення інертним газом камер і наявності та типу селективного покриття для приміщення орієнтованих на північ

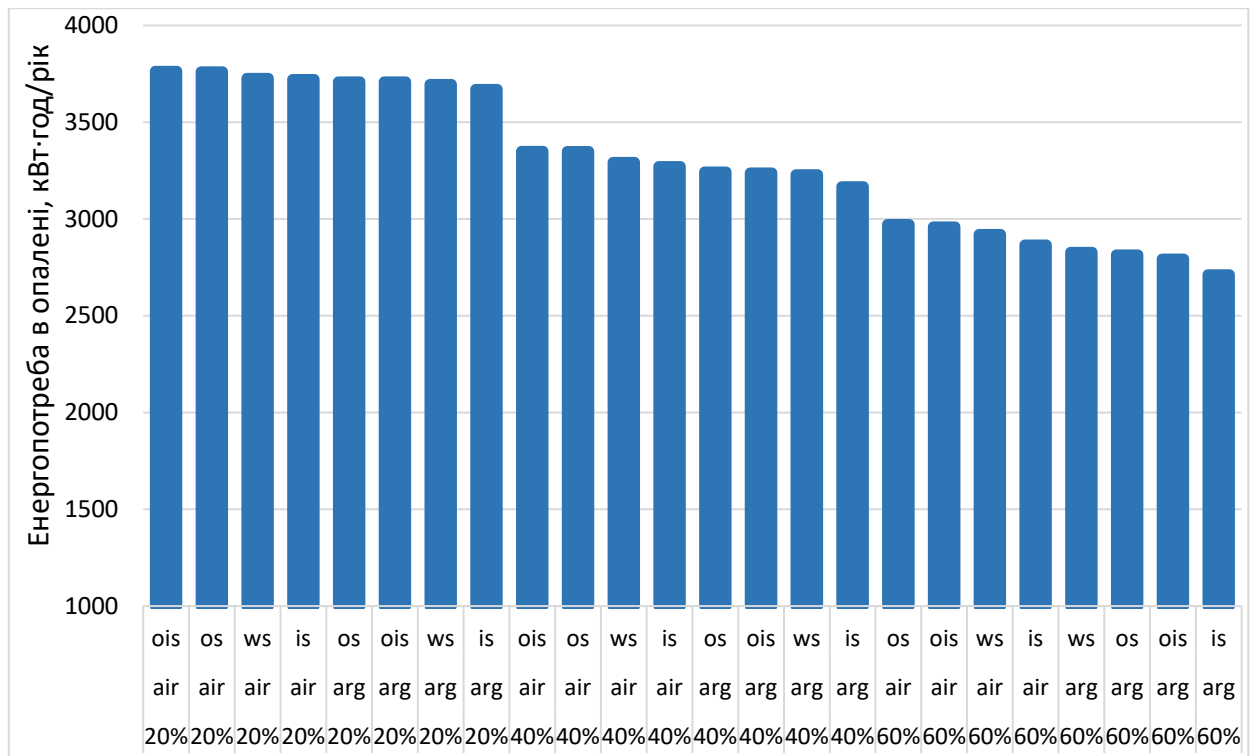


Рисунок 3.10 – Річна енергопотреба в опаленні в залежності від площі засклення, заповнення інертним газом камер і наявності та типу селективного покриття для приміщення орієнтованих на південь

При дослідженні річної енергопотреби приміщення видно, що для північної орієнтації найкращим рішенням світлопрозорих конструкцій є вікно з аргоновим наповненням і двома шарами селективного покриття. В такому випадку економія може скласти 4-11%, в залежності від площі засклення.

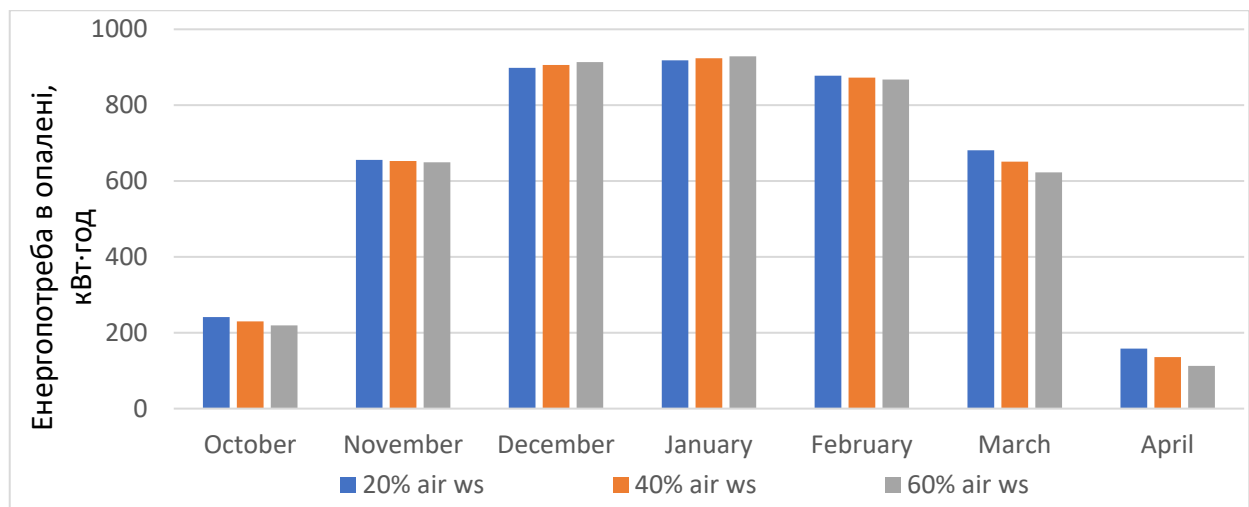
Для південної орієнтації значний економічний ефект може бути досягнутий при збільшенні площі засклення на стадії проектування об'єкта. Аналіз результатів моделювання показує, що при збільшенні площі засклення з 20% до 60% за умови використання такого самого вікна навантаження на систему опалення може бути меншим на 20-22%. Для південної орієнтації в нашому регіоні енергоефективні вікна показують себе не так ефективно. Найбільша економія може бути отримана при використанні вікон з аргоновим заповненням і з селективним покриттям лише на внутрішньому склі, економія теплової енергії може сягати 2-7%. В деяких інших випадках селективне покриття може не дати значної економії або навіть спричинити негативний ефект.

Згідно інформації від виробників аргоновий газовий наповнювач вікна підвищує енергетичні показники склопакету до 10%, за результатами моделювання у порівнянні з повітряним заповненням характеристики покращились на 3-4%. Двокамерний склопакет з аргоновим заповненням та селективним покриттям на внутрішньому та зовнішньому склі дозволяє зменшити енергопотребу приміщення на 8-10%, напилення лише на зовнішньому склі – на 5%, а на внутрішньому – 8% у порівнянні з аргоновим двокамерним склопакетом без селективних покриттів для коефіцієнта засклення 40%.

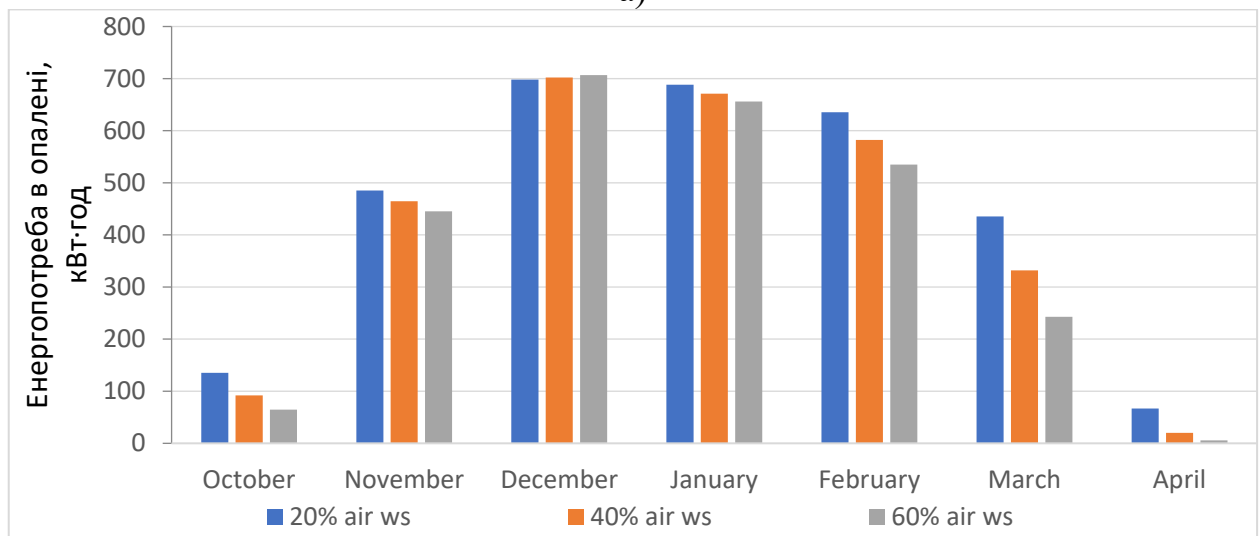
Коефіцієнти теплопередачі отримані в програмному продукті EnergyPlus менші на 5-15 % від значень наведених в стандарті [27], що впливає на кінцеве значення енергопотреби будинку. Найменша відмінність (2-5 %) для вікон з двома шарами селективного покриття. Варто зазначити, що в стандарті коефіцієнти пропускання сонячної радіації світлопрозорими конструкціями наведені не для всіх типів вікон, що досліджувалися. Коефіцієнти співпадають для вікон без селективного покриття, для вікон з селективним напиленням на внутрішньому склі відрізняються на 20%, також в стандарті не вказані коефіцієнти пропускання сонячної радіації для вікон з селективним покриттям лише на зовнішньому склі. Специфіка нанесення селективного напилення на поверхню скла віконних конструкцій, вносять відчутний вплив в енергобаланс кімнати та особливості розподілу теплонадходжень та тепловтрат.

Зважаючи на те, що сонячні теплонадходження надходять в зону кімнати через світлопрозорі конструкції, характеристики вікон можуть впливати на енергетичні параметри будівлі річним чином. Для Пд орієнтації вікон в період міжсезоння (весна, осінь) при високому коефіцієнті засклення може виконувати функції пасивної системи опалення, а використання селективного покриття може навіть погіршити взимку. Для приміщень з вікнами орієнтованими На північній орієнтації вплив селективного напилення на сонячні теплонадходження в опалювальний період значно менший.

Для будівель орієнтованих на південь у періоди міжсезоння спостерігається, що при площі засклення до 60% в квітні вікно починає працювати як пасивна система опалення, в зимові місяці сонячна складова менша (для січня, грудня) Згідно кліматичній базі даних IWEC в лютому найнижча температура зовнішнього повітря та найбільш інтенсивна активність сонячної радіації для зимових місяців, це пояснює провал для південної орієнтації (рис. 3.11б). Північна орієнтація будівлі майже не чутлива до змін сонячної радіації (рис. 3.11а).



а)



б)

Рисунок 3.11 – Помісячна енергопотреба в опаленні для приміщення орієнтованого на Пн (а) та Пд (б) для різної площі засклення металопластиковими двокамерними склопакетами з повітряним заповненням

Більш детальний аналіз використання різних типів світлопрозорих конструкцій дозволяє отримати додаткову економію, а також зменшити капітальні затрати на впровадження заходів (рис. 3.12).

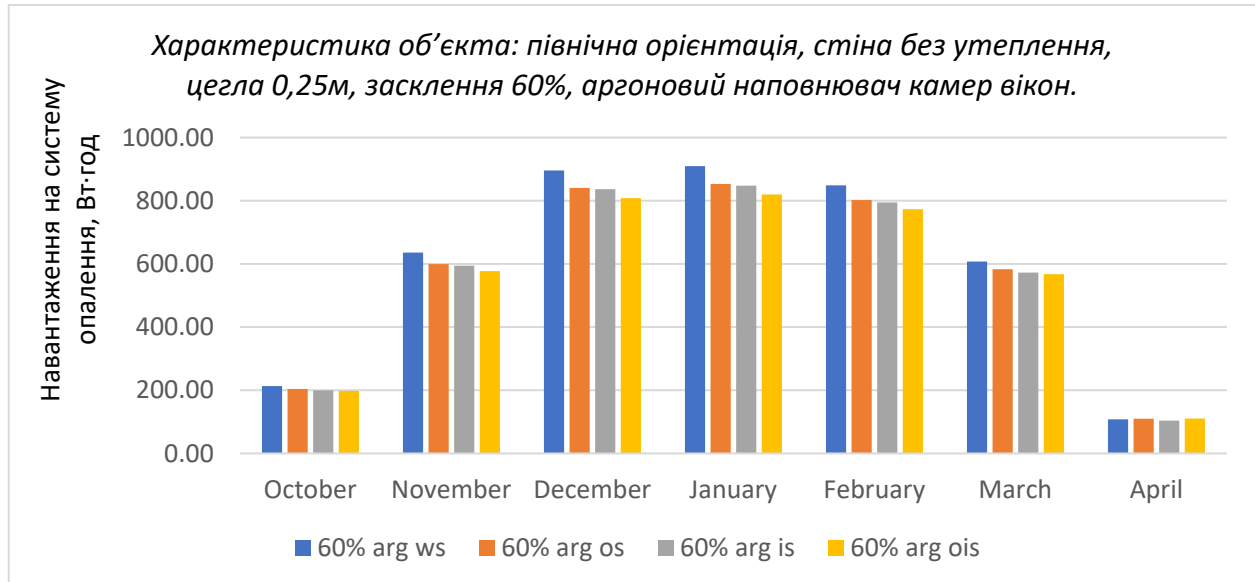


Рисунок 3.12 – Помісячна енергопотреба в опаленні для приміщення орієнтованого на північ при використанні вікон з різними варіантами нанесення селективного покриття

При використанні вікон з селективним покриттям на зовнішньому склі зменшення навантаження на систему опалення за опалювальний період в середньому складе 4.3%, на внутрішньому – 6.1%, така різниця у 1.8% викликана тим, що радіаційне випромінювання, яке надходить зсередини приміщення відбивається від селективного покриття, не нагріваючи при цьому газовий наповнювач камери вікна. Середня економія при застосуванні вікна з селективним покриттям на кожному склі в середньому складе 7.1% (рис 3.13).

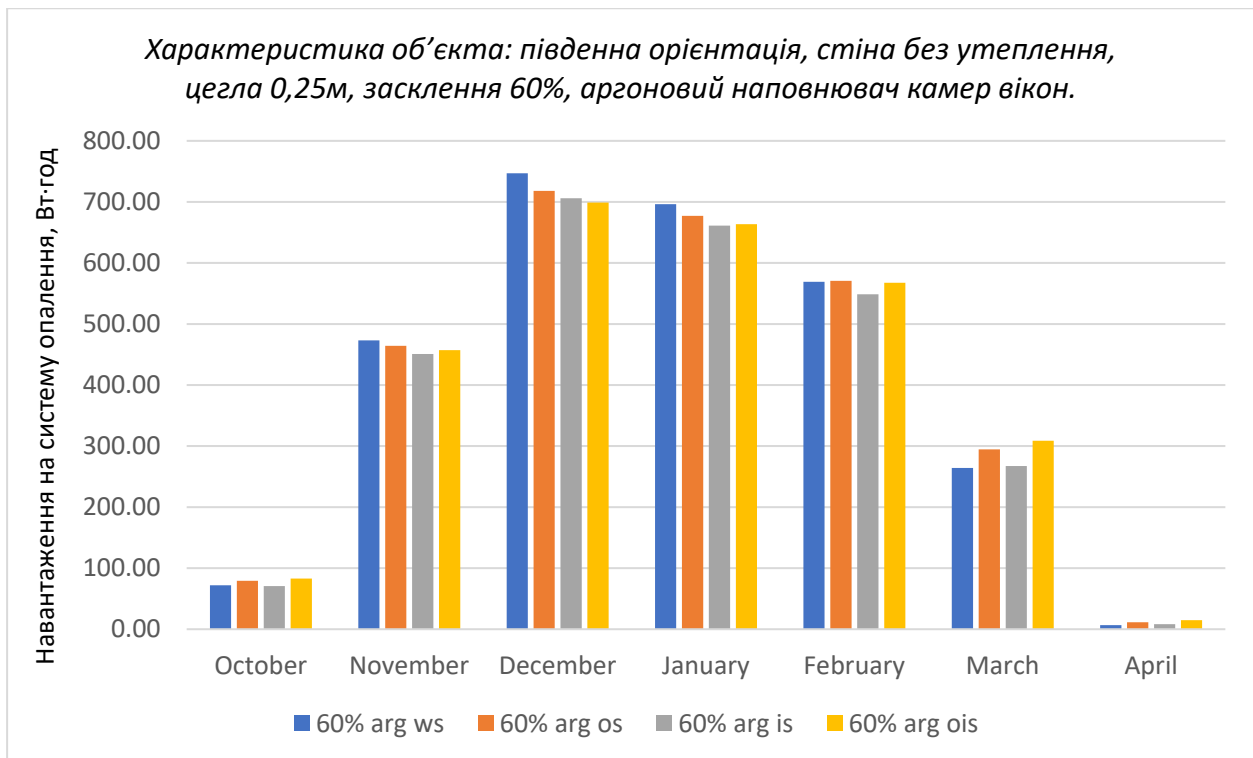


Рисунок 3.13 – Помісячна енергопотреба в опаленні для приміщення орієнтованого на південь при використанні вікон з різними варіантами нанесення селективного покриття

У періоди з найменш інтенсивним сонячним випромінюванням (листопад, грудень та січень) ситуація аналогічна об'єкту з північною орієнтацією. А ось в інші місяці опалювального періоду при використанні селективного покриття на зовнішньому склі або на обох поверхнях вплив на економію теплової енергії майже відсутній або навіть негативний. При цьому варіант селективним покриттям на внутрішньому склі, як правило, є найбільш ефективним. Це пояснюється тим, що в останньому варіанті сонячне радіаційне випромінювання проходячи через перше (зовнішнє) скло частково поглинається газовим наповнювачем вікна нагріваючи його. За рахунок цього створюється ефект теплової завіси. Це зменшує коефіцієнт теплопровідності конструкції та теплові втрати в навколишнє середовище.

## Аналіз теплового комфорту

Одним із важливих показників, що досліджувався є коефіцієнт теплового комфорту, PMV (прогнозовані середні тепловідчуття) та PPD (прогнозований відсоток незадоволених) [29]. Забезпечення належного рівня теплового комфорту є важливою та актуальною задачею. Показник PMV вказує на дисбаланс між тепловиділенням людини в заданих умовах та тепловиділенням, необхідним для оптимального теплового комфорту (рис. 3.14). Нульове значення PMV вказує на умови, при яких кількість енергії, що виробляється людиною дорівнює кількості енергії, що віддається в оточуюче середовище, шляхом конвекції, радіації, випаровування та теплопровідності. Умови комфортності задаються рівнем температури у приміщенні.

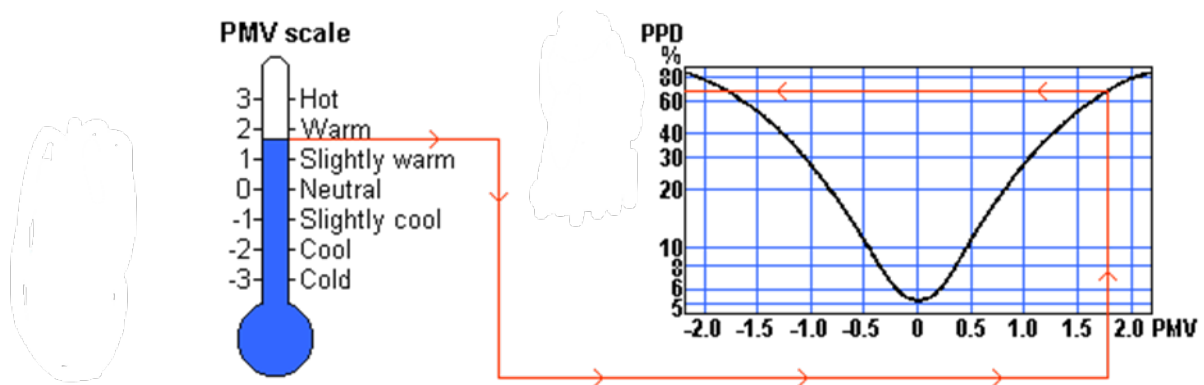


Рисунок 3.14 – Вплив PMV і PPD на людські відчуття

Існуючі в Україні стандарти, щодо оцінки теплового комфорту у приміщенні [30,31] ґрунтуються на енергетичному балансі між поверхнею тіла людини та оточуючим предметами і обумовлюють розрахунок PMV.

Зміна умов комфортності за умови динамічної зміни параметрів оточуючого середовища, а отже і об'єктивних параметрів теплового комфорту показує широкий діапазон та можливості щодо зниження енергоспоживання за рахунок зниження температури повітря у приміщенні у період високих значень середньої радіаційної температури. EnergyPlus дає можливість розраховувати

значення PMV і PPD різними способами, в нашому випадку застосовується методика Фангера [32] на основі радіаційної температури

Оскільки у дослідженнях приймається, що суб'єктивні параметри теплового комфорту, а саме активність людини та тип одягу, є сталими, то зміна PMV (основний параметр теплового комфорту) обумовлена зміною середньої радіаційної температури повітря  $t_r$  при сталій температурі внутрішнього повітря в кімнаті. Зміна  $t_r$  обумовлена зміною температури огорожень, температури зовнішнього повітря та надходженням сонячного випромінювання. Значення  $t_r$  в EnergyPlus розраховуються, як середньозважені по площах огорожень приміщення, враховуючи що людина знаходиться в центрі кімнати. Параметри, що характеризують тепловий комфорт, а саме середня радіаційна температура і PMV протягом опалювального періоду для коефіцієнту скління 0,4 для зовнішньої стіни Пд орієнтації показані на рисунках 3.15 і 3.16. Встановлено загальний діапазон зміни  $t_r$  в межах 18–25°C, а PMV, як основного показника теплового комфорту від -0,5 до 0,7. Підвищення середньої радіаційної температури приміщення обумовлене врахуванням надходження сонячного випромінювання, а коливання – зміною температури зовнішнього повітря [28].

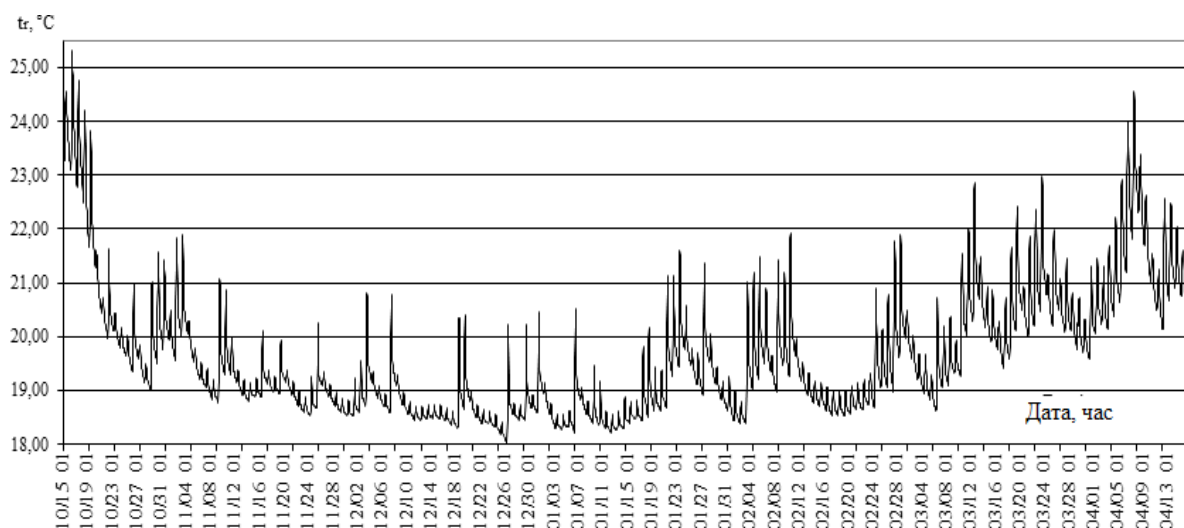


Рисунок 3.15 – Зміна середньої радіаційної температури для опалювального періоду



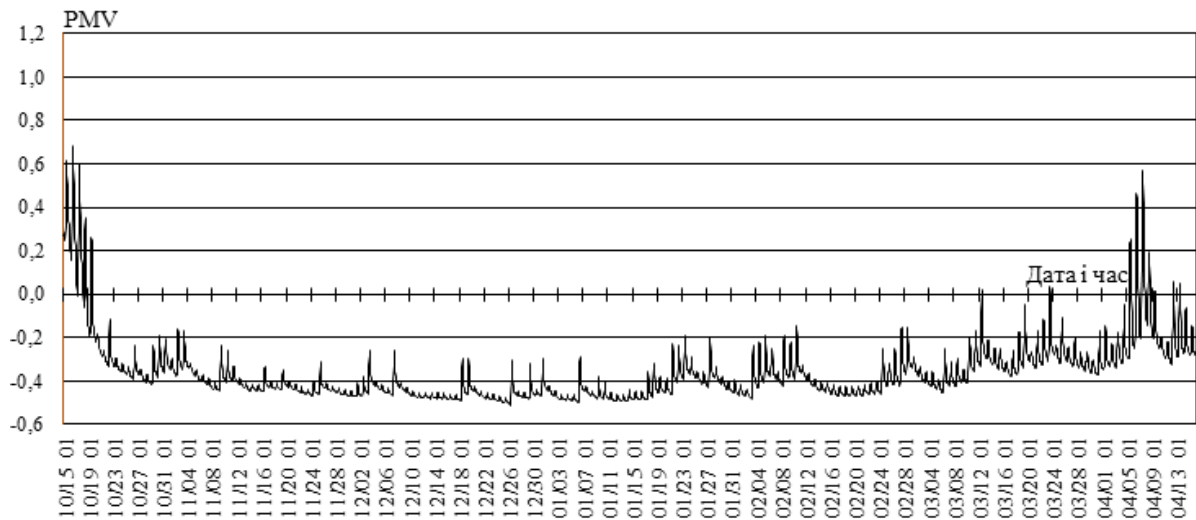
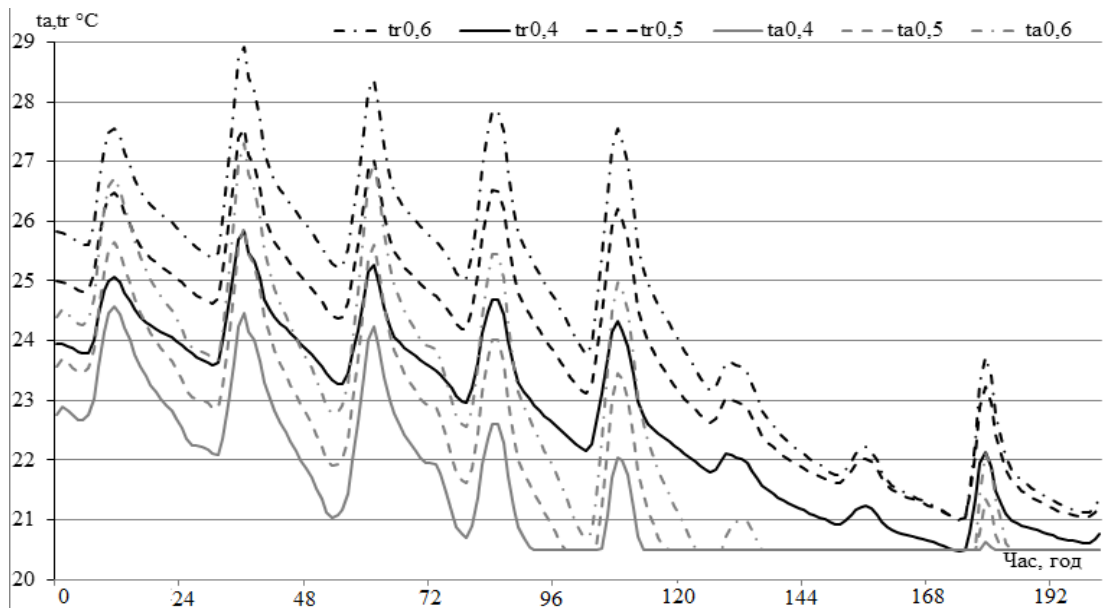
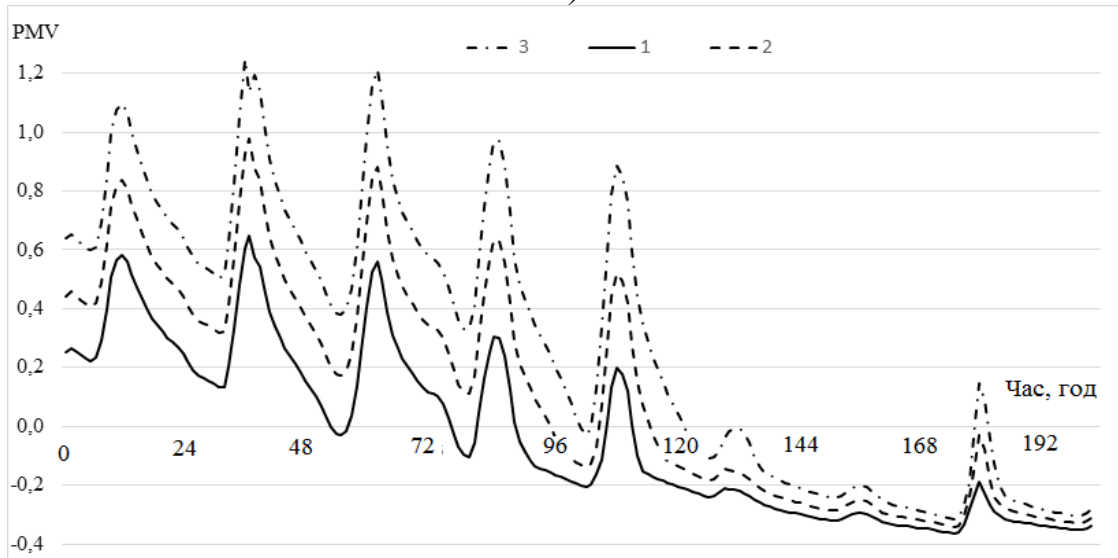


Рисунок 3.16 – Зміна PMV для опалювального періоду

Для більш детального аналізу впливу коефіцієнту застління на  $t_r$  та PMV на рис. 7 представлено зміну даних величин для системи із коефіцієнтом застління рівним 0,4, 0,5 та 0,6 протягом 202 годин з початку опалювального періоду. Встановлено, що для даних спостережень різниця середньої радіаційної температури в приміщенні може сягати  $3^{\circ}\text{C}$ , PMV при цьому змінюється від 0,5 до 1,1. Що вказує на суттєвий вплив коефіцієнту застління на показники теплового комфорту. На рисунку 3.17 для різних коефіцієнтів застління відображено зміну температури повітря у приміщенні. На початку опалювального періоду температура повітря у приміщенні може сягати  $24^{\circ}\text{C}$  (для коефіцієнту застління 0,4) та  $27^{\circ}\text{C}$  (для коефіцієнту застління 0,6), що обумовлено надходженням сонячного випромінювання та відсутністю системи кондиціонування. При подальшому зниженні температури довкілля після 92 години температура повітря у приміщенні для всіх варіантів застління за допомогою термостату підтримується на рівні  $20^{\circ}\text{C}$ , але мають місце денні підвищення під впливом теплонадходжень від сонячного випромінювання.



а)



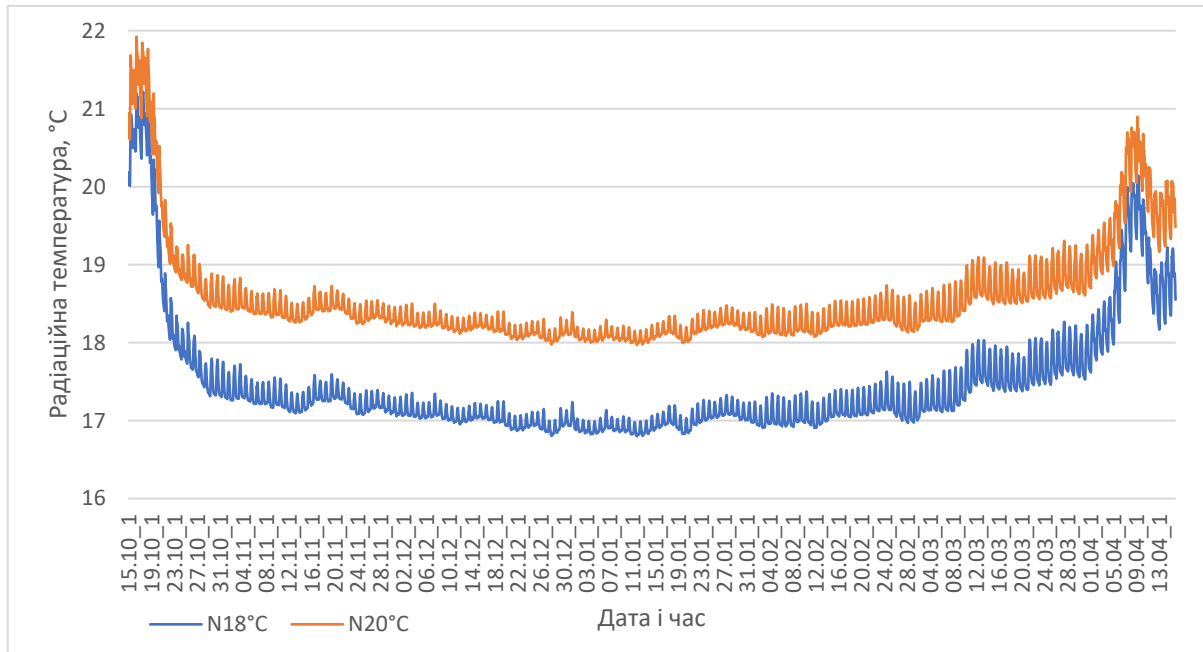
б)

Рисунок 3.17 – Найвищі та найнижчі значення  $tr$  (а) та  $PMV$  (б) на протязі 9 діб опалювального періоду: 1 – коефіцієнт скління 0,4; 2 – 0,5; 3 – 0,6

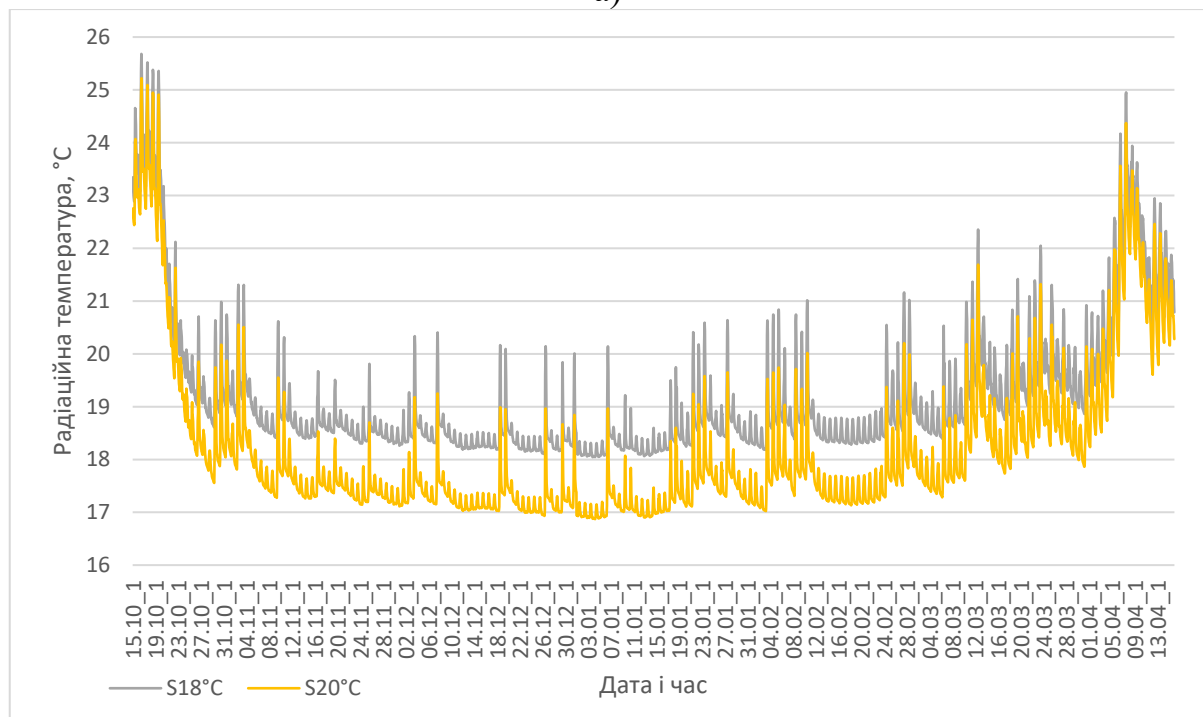
Відповідно до стандарту [30] виділяють чотири рекомендованих категорії будівель, залежно від значення  $PMV$  для проектування будівель із механічним опаленням та охолодженням. Друга категорія відповідає нормальному рівню очікувань, має використовуватися для нових та реконструйованих будівель  $-0,5 < PMV < +0,5$ . Отже аналізуючи рисунок 3.17, для різних варіантів коефіцієнту засклення можна знижувати температуру повітря у приміщенні для забезпечення

$PMV=-0,5$ , що у свою чергу дозволить знизити енергоспоживання і забезпечити належний рівень очікувань щодо теплового комфорту.

На рисунку 3.18 порівняно радіаційну температуру при внутрішній температурі  $18^{\circ}\text{C}$  і  $20^{\circ}\text{C}$  для північної (а) і південної (б) орієнтацій.



а)



б)

Рисунок 3.18 Зміна радіаційної температури для північної (а) і південної (б) орієнтацій при внутрішній температурі  $18^{\circ}\text{C}$  і  $20^{\circ}\text{C}$  за опалювальний сезон

## Споживання тепла і навантаження на СО

Температурні та комфортні умови сильно різняться в різних квартирах, оскільки присутній значний спад температури теплоносія в радіаторі, деякі мешканці проводили термомодернізацію за свої кошти, в деяких квартирах встановлені додаткові радіатори не враховані проектом, а в деяких жильці використовують електрообігрівачі. Тому для дослідження енергопотеби будівлі було взято репрезентативний ряд квартир (рис. 3.19) [31, 32] з усередненими значеннями по споживанню енергетичних ресурсів, кількості жильців, зі спеціально розробленим режимом активності людей та роботи електрообладнання.

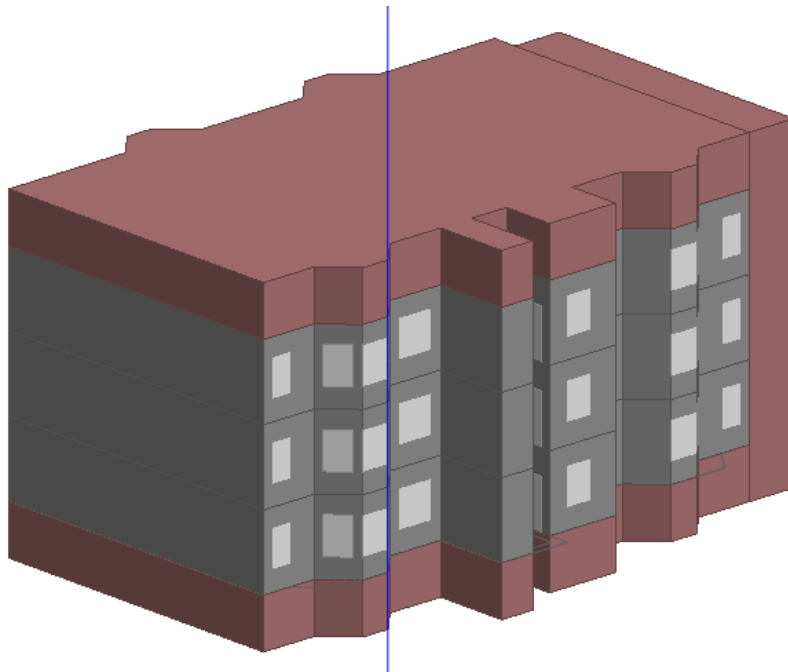


Рисунок 3.19 – Досліджувана репрезентативна група квартир

Примітка до наступних графіків:

N18°C – модель з північною орієнтацією вікон досліджуваної квартири та температурою 18°C в усіх квартирах;

N20°C – модель з північною орієнтацією, температурою 20°C в досліджуваній квартирі і температурою 18°C в оточуючих квартирах;

N20/18°C – модель з північною орієнтацією, температурою 20°C в досліджуваній квартирі, режимом опалення з пониженням до 18°C з 08:00 до 18:00 і постійною температурою 18°C в оточуючих квартирах;

N20/16°C – модель з північною орієнтацією, температурою 20°C в досліджуваній квартирі, режимом опалення з пониженням до 16°C з 08:00 до 18:00 і постійною температурою 18°C в оточуючих квартирах;

S18°C – модель з південною орієнтацією вікон досліджуваної квартири та температурою 18°C в усіх квартирах;

S20°C – модель з південною орієнтацією, температурою 20°C в досліджуваній квартирі і температурою 18°C в оточуючих квартирах;

S20/18°C – модель з південною орієнтацією, температурою 20°C в досліджуваній квартирі, режимом опалення з пониженням до 18°C з 08:00 до 18:00 і постійною температурою 18°C в оточуючих квартирах;

S20/16°C – модель з південною орієнтацією, температурою 20°C в досліджуваній квартирі, режимом опалення з пониженням до 16°C з 08:00 до 18:00 і постійною температурою 18°C в оточуючих квартирах.

Для стаціонарних моделей прийнято вважати, що при підвищенні температури на 1°C енергоспоживання будівлі зростає на 5% [33,34], а з графіку річного споживання отриманого в результаті динамічного моделювання (рис. 3.20) видно, що при підвищенні внутрішньої температури приміщення з 18°C до 20°C споживання тепла за опалювальний період зростає на 46,9% для південної орієнтації і на 53,6% для північної, що є досить високим показником, тому щоб зменшити витрату тепла до прийнятного рівня було змінено режим опалення. Для дослідження взято два випадки: з пониженням температури повітря з 8:00 до 18:00 до 18°C і 16°C. При пониженні температури до 18°C рівень споживання зменшується на 15,7% для північної сторони і на 16,7% для південної сторони, а при пониженні до 16°C споживання зменшується для північної сторони на 26,4%, для південної – 26,3%. Тобто використовуючи останній режим опалення споживання енергії зростає всього на 8,2% і на 13,2% для північної і південної

орієнтацій відповідно, у порівнянні з постійною температурою 18°C, при цьому підвищуються умови комфорту у приміщеннях. Помісячне споживання теплової енергії однієї квартири при різних режимах і середньомісячна температура зовнішнього повітря зображені на рисунку 3.21. Теплове навантаження на систему опалення для квартири з північною і південною орієтацією за опалювальний сезон показане на рисунку 3.22.

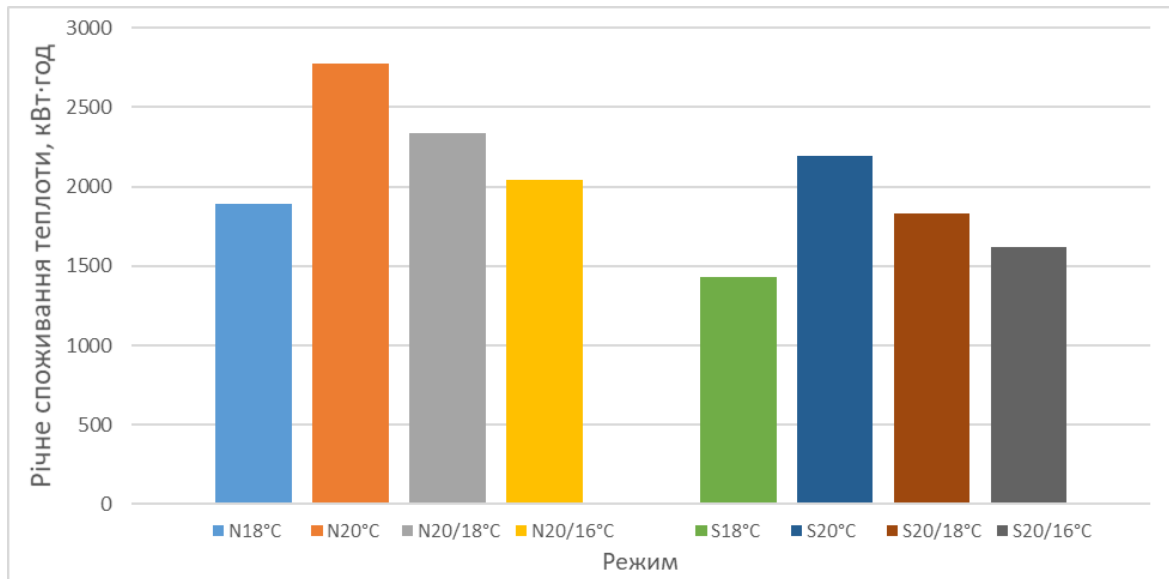


Рисунок 3.20 – Річне споживання теплової енергії однією квартирою при різних режимах

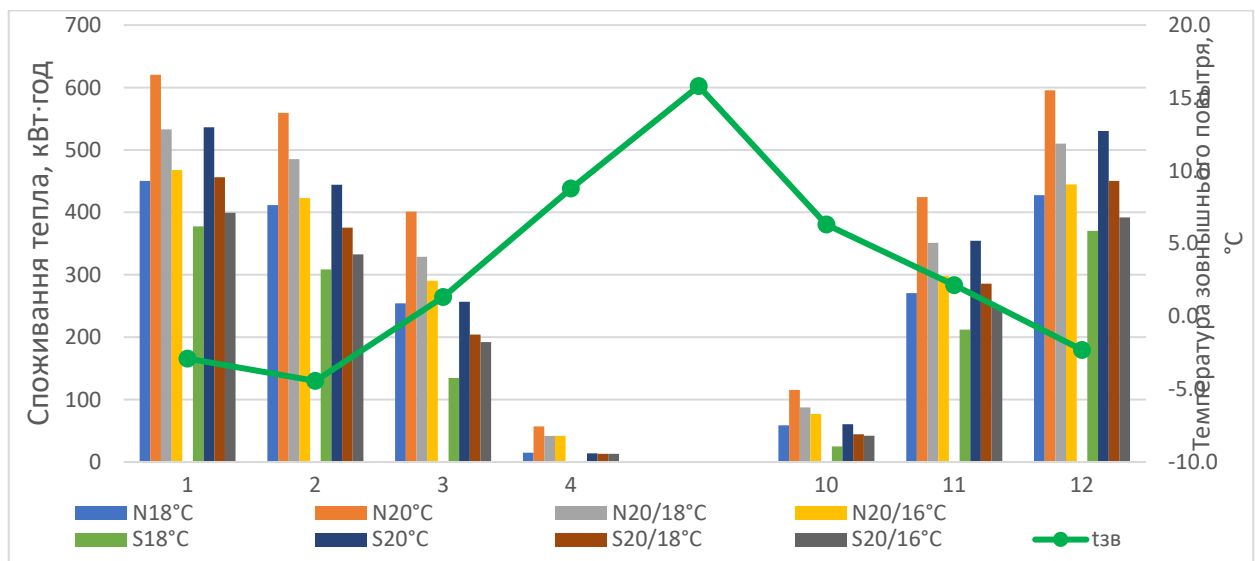
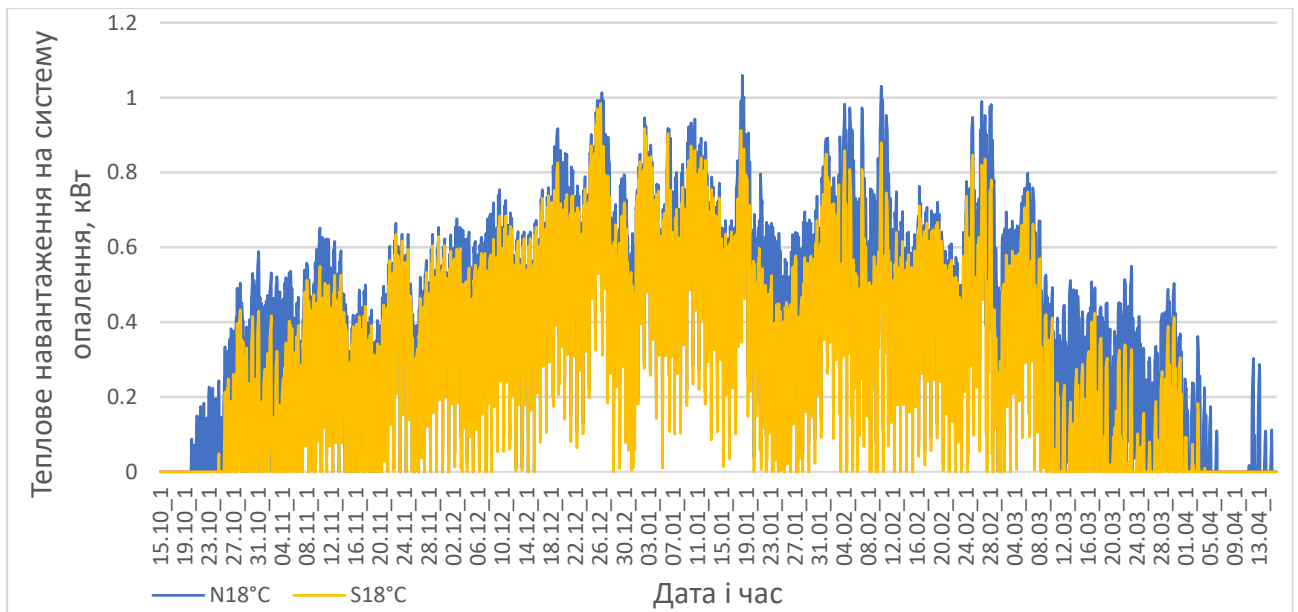
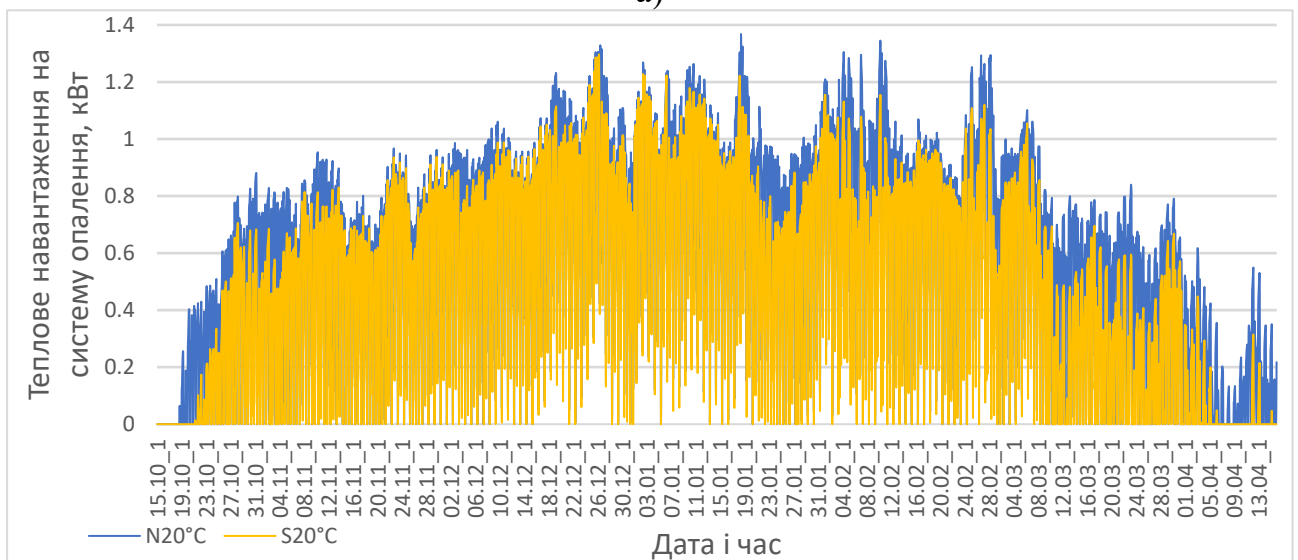


Рисунок 3.21 – Помісячне споживання теплової енергії однієї квартири при різних режимах і середньомісячна температура зовнішнього повітря

Аналіз навантаження на систему опалення за опалювальний сезон (рис. 3.22) показує, що для забезпечення необхідних температурних умов для квартир з північною орієнтацією необхідні більші теплові потужності. В середньому теплове навантаження з південної сторони на 21,9% нижче, ніж для північної. Варто відмітити, що квартири з північною орієнтацією потребують довший опалювальний період, оскільки отримують менше теплової енергії від сонячної радіації у перехідні періоди весна-осінь.



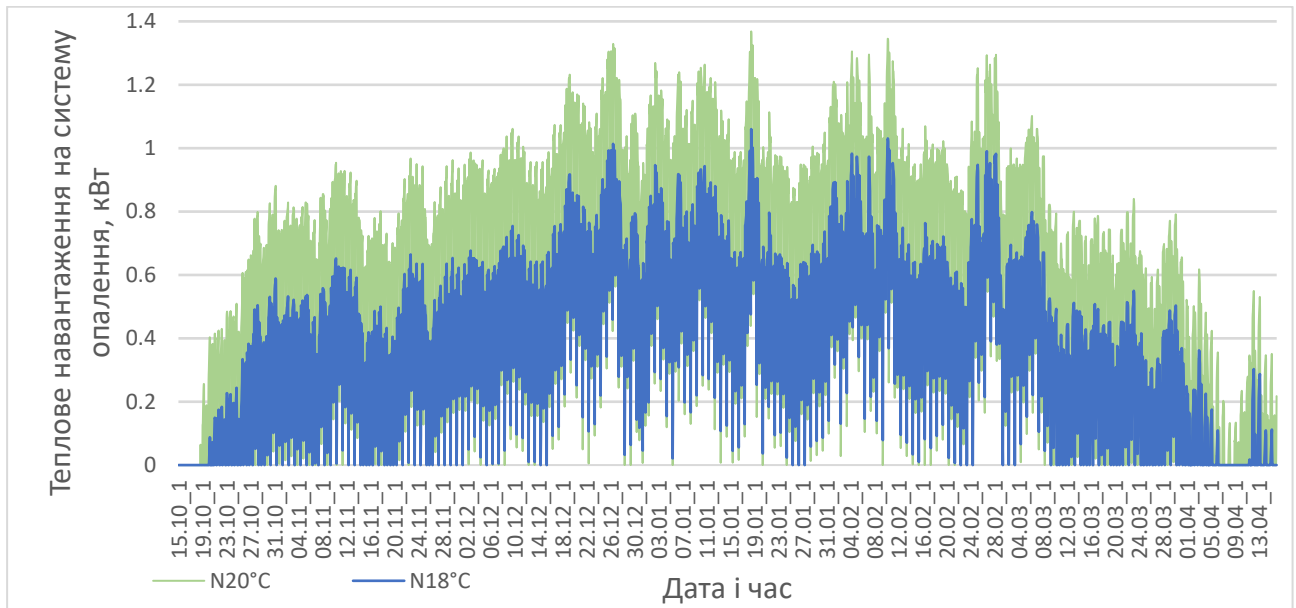
а)



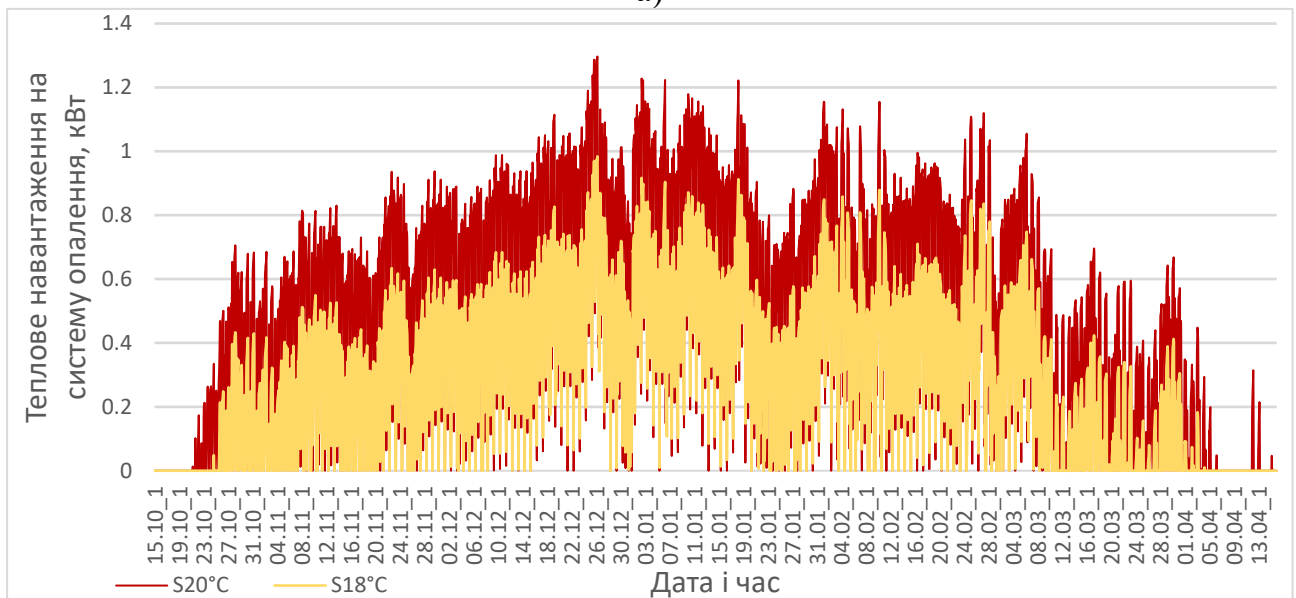
б)

Рисунок 3.22 – Теплове навантаження на систему опалення для квартири з постійною температурою 18°C (а) і 20°C (б) для північною і південною орієнтації за опалювальний сезон

Також на південній орієнтації спостерігаються короточасні відключення системи опалення в пікові години сонячної активності протягом всього опалювального періоду, тому на Пд стороні можна відмітити більший діапазон коливання навантаження на систему опалення в порівнянні з північною орієнтацією. На рисунку 3.23 порівняні навантаження на систему опалення для внутрішніх температур 18°C і 20°C для Пн (а) і Пд (б) орієнтації.



а)

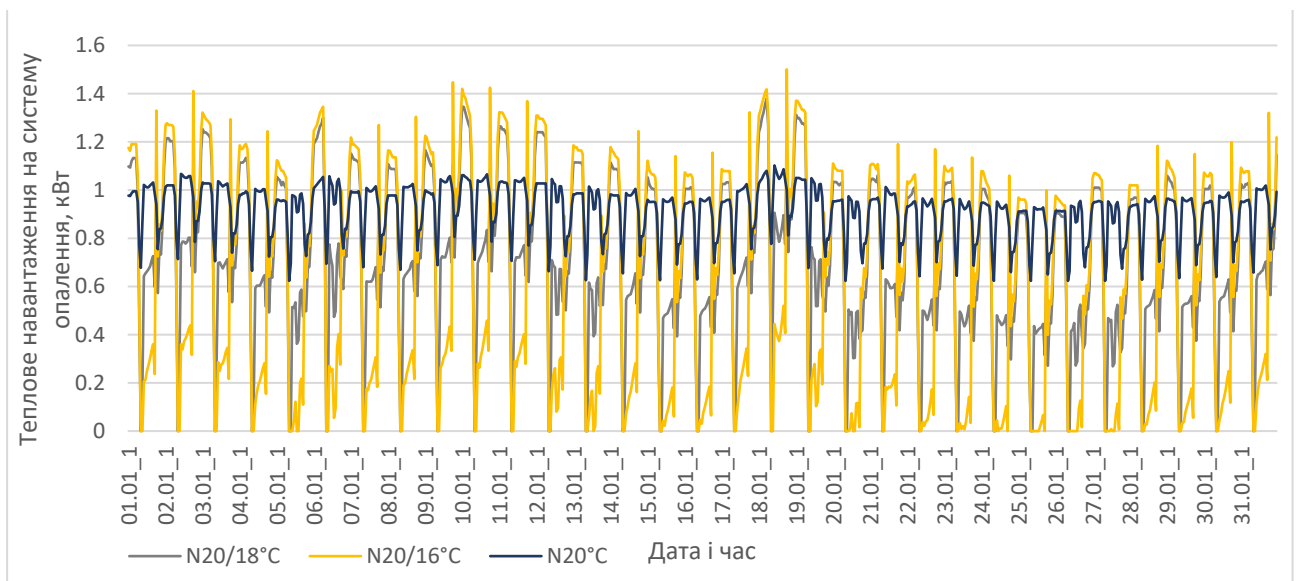


б)

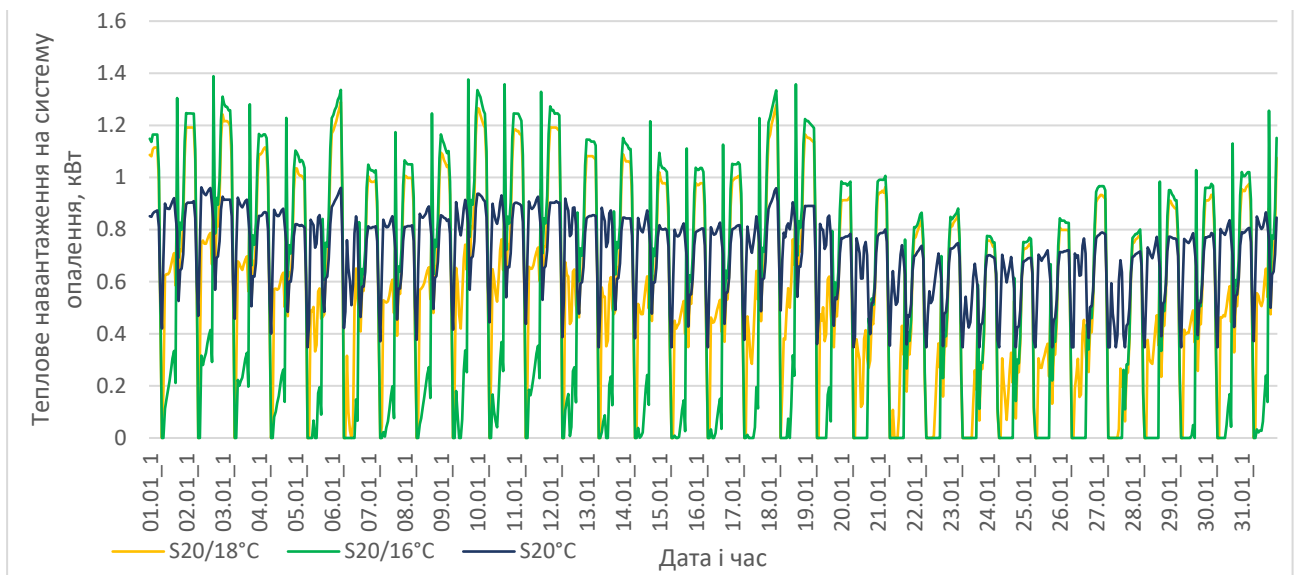
Рисунок 3.23 – Теплове навантаження на систему опалення для квартири з постійною температурою 18°C і 20°C для північною (а) і південною (б) орієнтаціями за опалювальний сезон



Порівняння режимів опалення з пониженням до 18°C і 16°C (рис. 3.24) у не робочі години виявило, що при пониженні на 2°C графік навантаження більш стабільний. При пониженні температури на 4°C провали навантаження у неробочі години в середньому нижче на 0,33 кВт, а збільшення навантаження у робочі години будівлі в середньому всього на 0,06 кВт вище. Це спричиняє значну економію споживання теплової енергії без зниження умов комфорту у приміщеннях.



а)



б)

Рисунок 3.24 – Теплове навантаження на систему опалення для квартири з північною (а) і південною (б) орієнтацією у січні місяці для режимів опалення з пониженням температури з 20°C до 18/16°C і 20°C без пониження

## Аналіз теплових перетоків

При термомодернізації квартири важливо враховувати стан енергоефективності не тільки досліджуваної квартири, а й сусідніх приміщень, оскільки при різниці температурних умов виникає такий ефект, як теплові перетокі через внутрішні огорожувальні конструкції.

Отримані результати попередніх дослідників [35], показують, що було враховано акумуляцію в стінах та не було враховано особливості перетоків в сусідні приміщення.

Теплові перетокі спричиняють додаткові тепловтрати, зменшують енергоефективність термомодернізації та знижують проектні показники будівлі.

Аналіз річних тепловтрат через внутрішні огорожувальні конструкції (рис. 3.25) показує, що зміна температурних умов лише в одній квартирі здійснює значний вплив на тепловтрати через внутрішні огорожувальні конструкції в сусідні квартири. Проте, розробка і впровадження регулювання системи опалення за часом може компенсувати до 45% таких тепловтрат.

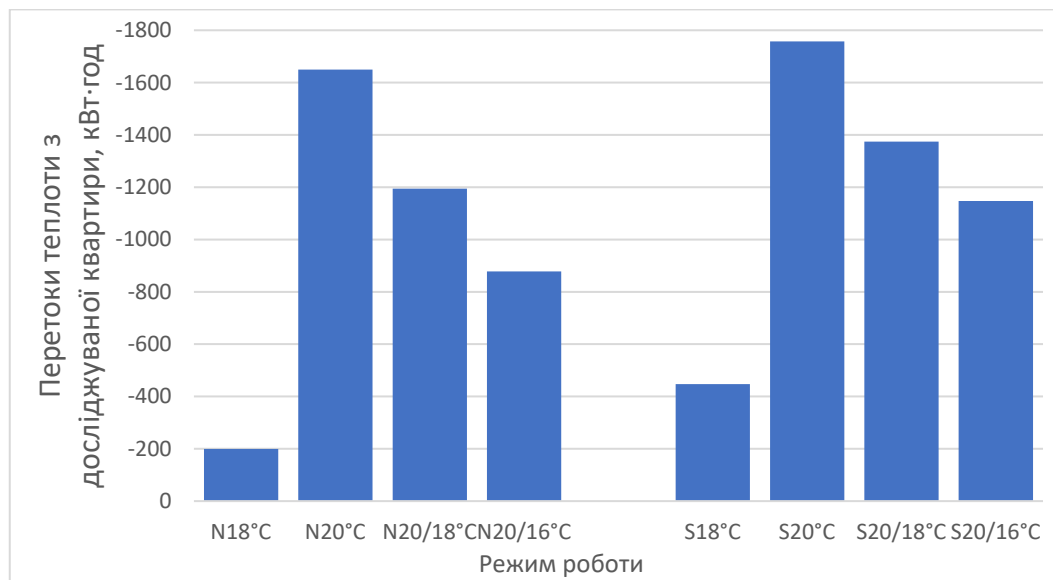


Рисунок 3.25 – Річні втрати теплоти через внутрішні огорожувальні конструкції

З графіку помісячних (рис 3.26) перетоків теплоти видно, що для південної орієнтації квартири значення перетоків дещо вищі, ніж при північній і зміна режиму опалення також менш ефективна, це пояснюється впливом двох факторів:

1. Сонячне випромінювання, що потрапляє на огорожувальні конструкції підвищує температуру його поверхні, тим самим інтенсифікуючи тепловий потік.

2. Досліджувана квартира межує з тими квартирами, що знаходяться на півночі, а отже, в них нижча температура контактуючих перегородок, що посилює тепловтрати через внутрішні стіни.

При впровадженні пониження температури на  $2^{\circ}\text{C}$  можна зменшити величину теплових перетоків в середньому на 25%, у порівнянні з постійними  $20^{\circ}\text{C}$ , а при пониженні до  $16^{\circ}\text{C}$  можна зменшити перетоки теплоти ще на 21,5%.

У перехідні періоди тенденція може не зберігатися, особливо в кінці опалювального періоду, в березні місяці, ефект від пониження температури у не робочі години майже відсутній, оскільки в денні години пониження температури компенсується сонячною радіацією і достатньою температурою зовнішнього повітря.

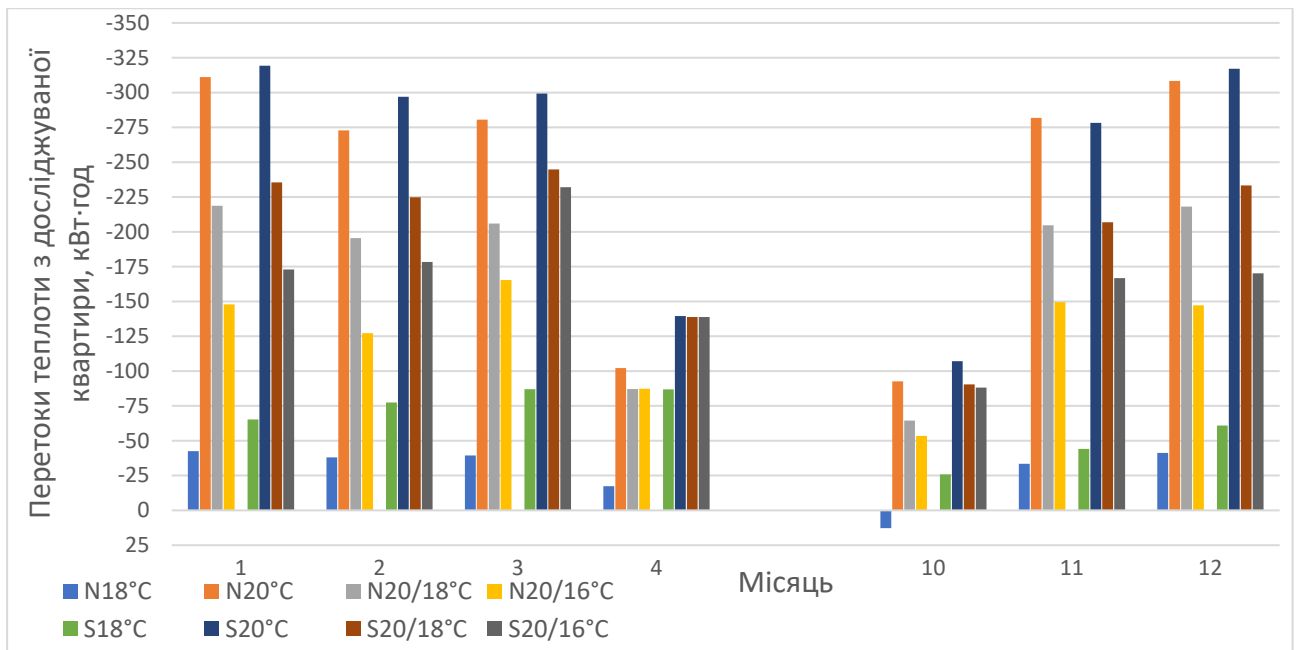
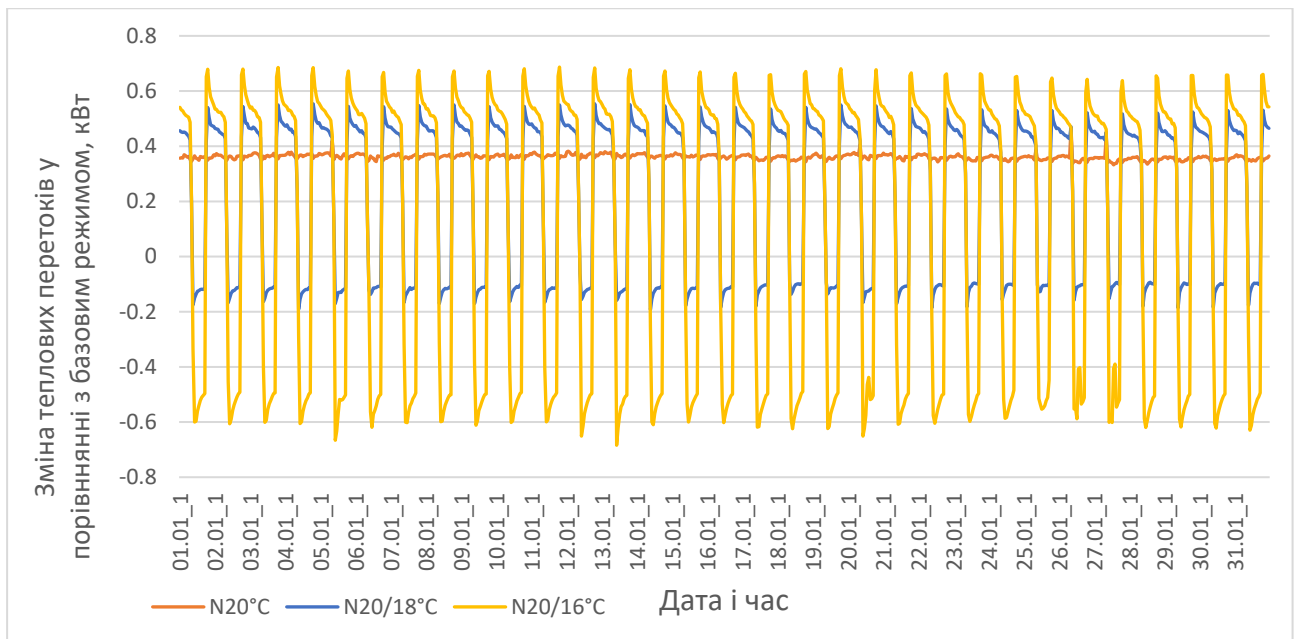


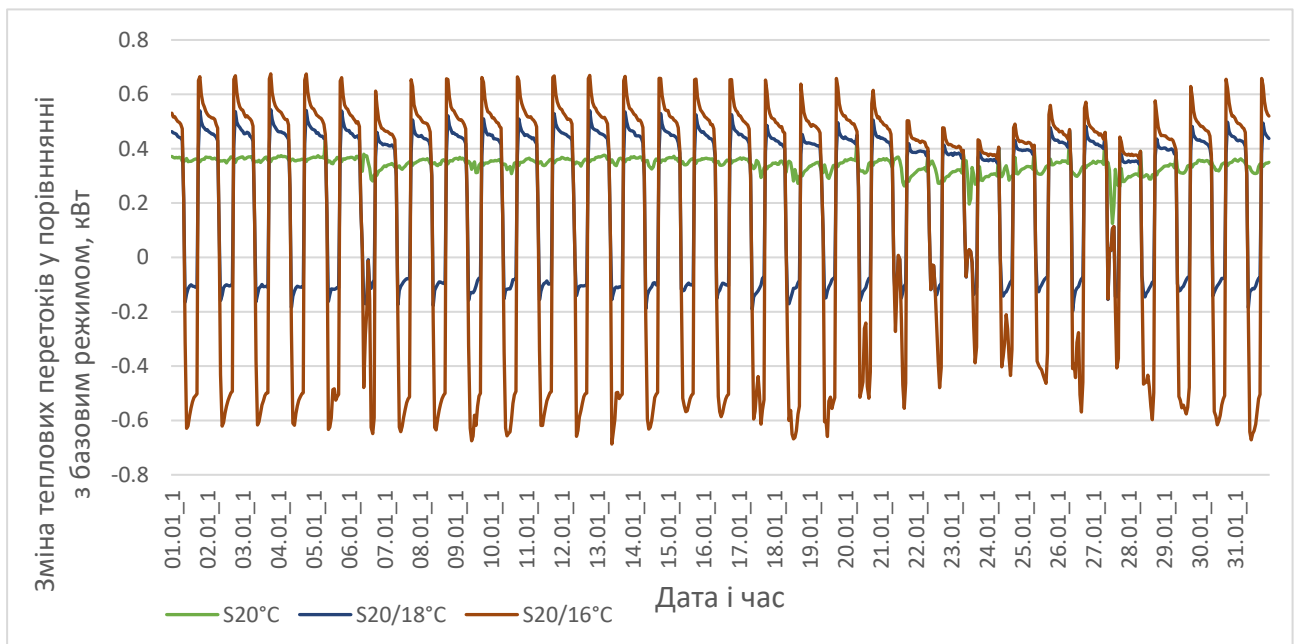
Рисунок 3.26 – Теплові перетоки через внутрішні огорожувальні конструкції для північної і південної орієнтації, для трьох режимів роботи

При постійній температурі  $18^{\circ}\text{C}$  в усіх квартирах теплові перетоки присутні лише через стіни які межують з загальнобудинковими територіями температура повітря в яких  $16^{\circ}\text{C}$ , за такого режиму перетоки мають незначну величину і майже не впливають на енергопотребу квартири, тому такий варіант прийнятий, як базовий і надалі буде проводитися аналіз зміни величини перетоків у порівнянні з базовим режимом.

Для південної орієнтації ситуація з перетоками менш стабільна через вплив сонячної радіації. Графік погодинних значень теплових перетоків через внутрішні перекриття в січні місяці для показаний на рисунку 3.27.



а)

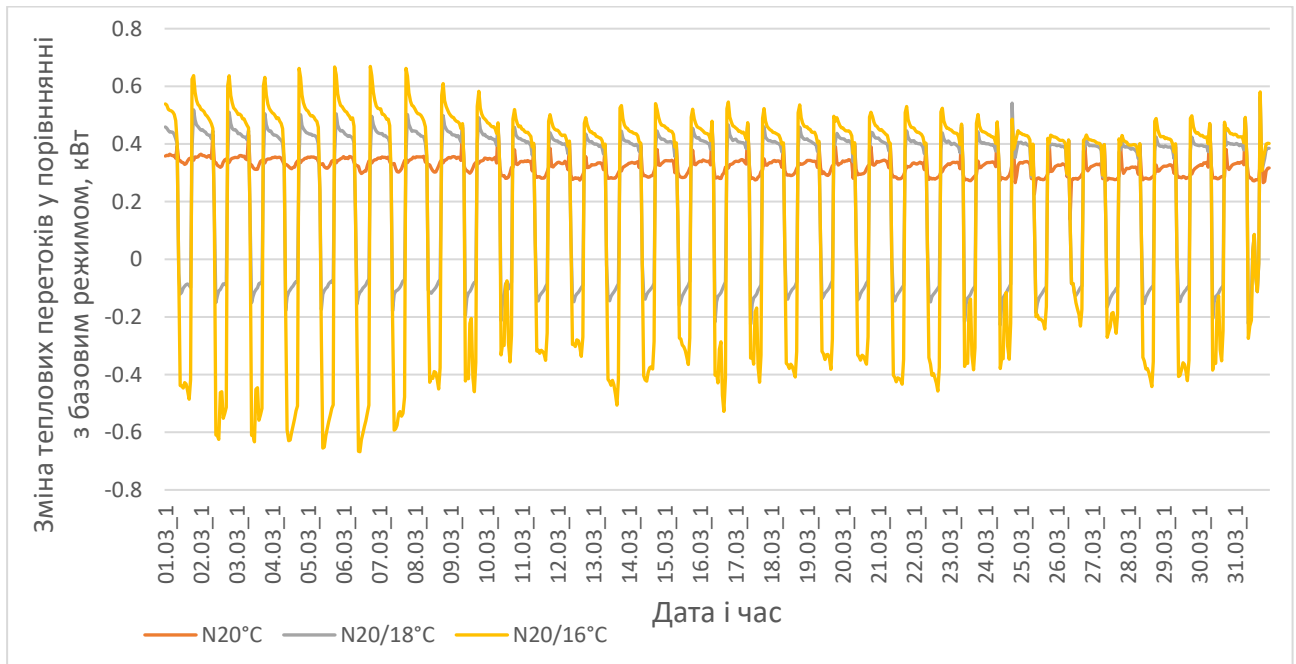


б)

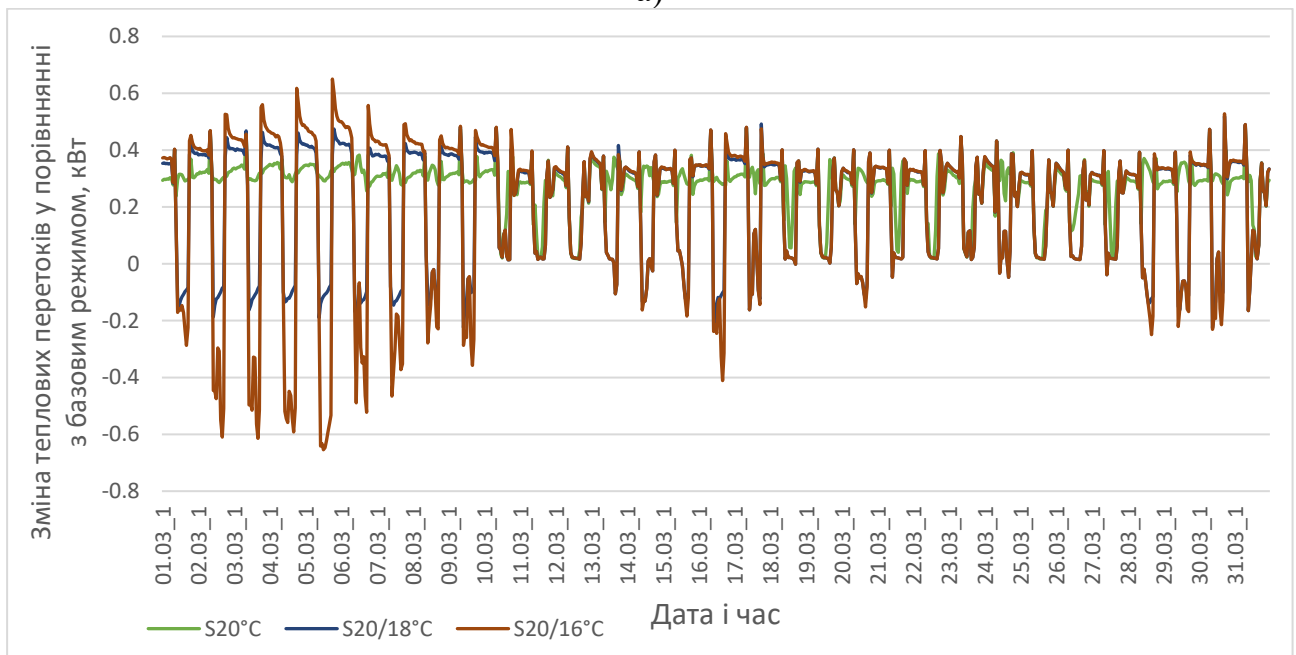
Рисунок 3.27 – Зміна теплових перетоків у порівнянні з базовим режимом для січня місяця при північній (а) і південній (б) орієнтаціях квартири

У перехідні періоди (весна, осінь) має місце зменшення різниці між базовим і досліджуваними режимами, особливо це помітно при південній орієнтації квартири (рис 3.28). Такий ефект пояснюється підвищенням

інтенсивності сонячної радіації, що частково поліпшує умови в оточуючих приміщеннях.



а)



б)

Рисунок 3.28 – Зміна теплових перетоків у порівнянні з базовим режимом для березня місяця при північній і південній орієнтаціях квартири

## Висновки до розділу

Сучасне програмне забезпечення дозволяє створювати і аналізувати динамічні комп'ютерні моделі будь-якої складності. Аналіз об'єкта за допомогою засобів динамічного моделювання це найбільш точний і наближений до реальності метод енергоаналізу, оскільки може врахувати більшість факторів, що спричиняють вплив на об'єкт дослідження. З недоліків таких методів можна виразити складність процесу створення і налаштування моделі та більші початкові затрати часу.

Робота проводилась у двох програмних засобах: EnergyPlus і DesignBuilder, які сумісні між собою.

В якості бази кліматичних даних були використані дані IWEC, що містять інформацію про температуру зовнішнього повітря, параметри вітру, сонячну радіацію, відносну вологість, атмосферний тиск, тощо.

Модель враховує інформацію про геометрію будівлі, склад огорожувальних конструкцій, стан світлопрозорих та дверних конструкцій, кількість мешканців, системи теплопостачання, вентиляції і електропостачання, інформацію про ГВП і ХВП, освітлення, активність людей, тощо.

Будинок не відповідає нормативним показникам, це викликало деякі складнощі при енергоаналізі, оскільки програмне забезпечення не здатне враховувати такі недоліки системи, як зниження коефіцієнту ефективності радіатора і погіршення температурних умов в залежності від поверху.

Для дослідження різних варіантів засклення була використана будівля з типовими для масової забудови в Україні, характеристиками огорожувальних конструкцій і коефіцієнтами засклення від 20% до 60%. Для північної орієнтації при використанні вікна з аргоновим наповненням і двома шарами селективного покриття економія може скласти 4-11%, в залежності від площі засклення. Для південної орієнтації ефект від вікон з селективним покриттям менший – 2-7%, для сонячної орієнтації важливим фактором є площа засклення, при збільшенні

площі застосування з 20% до 60% споживання може бути меншим на 20-22%. Вікно з аргонним наповнювачем дозволяє заощадити 3-4% теплової енергії.

Дослідження показали, що на умови перебування людей у приміщенні впливає не тільки температура внутрішнього повітря, а й ряд інших параметрів, сукупність яких, враховує коефіцієнт теплового комфорту PMV. Оскільки у дослідженнях приймається, що суб'єктивні параметри теплового комфорту є сталими, то зміна PMV обумовлена зміною середньої радіаційної температури повітря.

Аналіз результатів моделювання надав можливість зрозуміти вплив неоднорідності температурних умов у сусідніх приміщеннях на величину теплових перетоків і енергоспоживання, а також зміну енергопотреб при зміні режиму роботи системи опалення. У стаціонарних моделях прийнято вважати, що при підвищенні температури на  $1^{\circ}\text{C}$  енергоспоживання будівлі зростає на 5%, але в умовах нашого моделювання при підвищенні внутрішньої температури приміщення з  $18^{\circ}\text{C}$  до  $20^{\circ}\text{C}$  споживання тепла зростає на 46,9% для північної орієнтації і на 53,6% для південної, але при впровадженні пониження температури у години відсутності людей споживання теплової енергії буде всього на 8,2% і на 13,2% для північної і південної орієнтацій відповідно, у порівнянні з постійною температурою  $18^{\circ}\text{C}$ , при цьому підвищуються умови комфорту у приміщеннях. Суттєва різниця у споживанні тепла присутня у приміщеннях з різною орієнтацією, для південної сторони теплове навантаження в середньому нижче на 21,9% у порівнянні з Пн при рівних інших умовах.



## 4 ЕНЕРГОМЕНЕДЖМЕНТ ТА МОНІТОРИНГ

### 4.1 Впровадження контролю

Впровадження системи енергомоніторингу та енергоменеджменту є необхідною мірою для контролю рівня споживання енергії, своєчасного виявлення проблем в енергопостачанні та енергоспоживанні, зменшення споживання енергоресурсів без додаткових капітальних затрат і контролю економічної ефективності, енергоефективних заходів в ході їх впровадження.

На сьогоднішній день на об'єкті система енергомоніторингу та енергоменеджменту реалізована в ручному режимі. За підтримки голови ОСББ та ініціативних жильців збираються дані по споживанню електричної та теплової енергії. Дані заносяться до електронних таблиць, але подальшого аналізу і обробки даних не відбувається.

Облік електроенергії на об'єкті здійснюється поквартирно, це надає можливість проведення аналізу енергоспоживання як на загальнобудинкових територіях, так і в жилих зонах об'єкту. Облік теплової енергії відбувається можливостями лічильника, встановленого у тепlopункті. Без подальшої модернізації системи тепlopостачання детальний аналіз споживання теплової енергії є неможливий.

Запропонованим варіантом моніторингу, менеджменту та аналізу споживання електроенергії є впровадження на об'єкті автоматизованої системи комерційного обліку електричної енергії (АСКОЕ). Робота АСКОЕ показана на структурній схемі на рисунку 4.1.

Встановлення такої системи дозволяє максимально реалізувати потенціал контролю над споживанням енергії за умови зменшення впливу людського фактору і розміру штату, що повинен витратити свій особистий час на моніторинг споживання електроенергії.



Рисунок 4.1 – структурна схема АСКОЕ

На сьогоднішній день ринок України, пропонує безліч організацій, які впроваджують систему АСКОЕ «під ключ», це означає, що питання встановлення такої системи залежить від фінансових можливостей та бажання споживача.

## 4.2 Енергоменеджмент

В першу чергу, для реалізації системи енергоменеджменту і енергомоніторингу є проведення енергоаудиту, що був виконаний. Наступним кроком є безпосереднє впровадження системи енергетичного менеджменту, для покращення подальшого рівня ефективності енерговикористання.

Головною метою системи енергоменеджменту і моніторингу є підтвердження ефективності заходів з енергозбереження і самоконтролю зі сторони клієнтів, тобто жильців. Для досягнення мети необхідний постійний контроль та поліпшення здобутих результатів.

Постійне обговорення питань енергоефективності та енергозбереження на загальних зборах ОСББ, а також надання жильцям інформації про існуючі та нові державні програми з фінансової допомоги багатоквартирним будинкам при термомодернізації і реконструкції також можуть позитивно вплинути на жильців.

Одним з необхідних кроків є призначення спеціально навченої людини, це може бути один із жильців, на посаду енергоменеджера ОСББ. В обов'язки енергоменеджера входить формування звітності по енергоспоживанню, аналіз та обробка інформації отриманої з систем комерційного обліку, виявлення недоліків режиму системи енергопостачання та пропонувати методи оптимізації рівня енергоефективності, а якщо він буде одним із жителів будинку, він матиме достатню мотивацію для виконання своїх зобов'язань. Також при наявності кваліфікованого експерта з енергозбереження, мешканці матимуть можливість вирішення питань з покращення енергоефективності власних житлових приміщень не втрачаючи зайвого часу, і зможуть швидше одержувати відповіді на питання, що виникають на зборах

Для поліпшення ефекту, жильцям було запропоновано прослухати ряд лекцій пов'язаних енергозбереження, це дозволило б задати напрям розвитку жильцям ОСББ на підвищення рівня енергоефективності. Лекції можна проводити для дорослих та дітей окремо, адже при донесенні головних проблем та ідей енергозбереження дітям в особливій, наприклад в ігровій, формі, ми підніmemo зацікавленість батьків та знання дітей в безпечному використанні електроприладів, а також закладемо фундамент для зростаючого покоління енергоефективних громадян.

Також варіантом покращення самоконтролю енергоспоживання будинку є впровадження серед мешканців змагань зі споживання енергоресурсів, результати якого, кожен місяць будуть опубліковані на дошці оголошень. Це буде мотивувати жильців на підвищення енергоефективності їх осель та власного контролю споживання.

Взагалі, пропонується оголошувати про всі досягнення у сфері енергозбереження на зборах ОСББ та публікувати на дошці оголошень, це допоможе сповіщати жильців щодо їх загальних досягнень, зміцнить спільноту та дозволить розробити подальшу політику енергозбереження ОСББ.

Дотримуючись усіх запропонованих рекомендацій майже одразу будуть відчутні позитивні результати, а також у майбутньому будуть досягнені такі цілі:

- 1) Ефективний менеджмент енергоресурсів;
- 2) Упорядкування звітів по енергоспоживанню;
- 3) Переймання досвіду у мешканців інших будинків і підвищення освіченості жителів у сфері енергозбереження та енергоефективності;
- 4) Неперервна «робота над помилками» та зменшення енерговикористання.

Наведені здобутки принесуть і значний фінансовий економічний ефект, який проявить себе наступним чином:

- 1) Зменшення затрат за рахунок чистої економії енергетичних ресурсів;
- 2) Своєчасне виявлення проблем в системі енергопостачання та оперативна їх ліквідація забезпечить зниження грошових затрат шляхом зменшення витрат на модернізацію і реконструкцію;
- 3) Використання можливостей різних проектів з енергозбереження для залучення фінансової підтримки з боку держави та інвесторів;
- 4) Економія коштів впровадженням малозатратних та організаційних заходів;
- 5) Пошук шляхів до зниження затрат енергоресурсів та фінансів без погіршення умов комфорту.

### **Висновки до розділу**

Для підтвердження ефекту від заходів з енергоефективності і подальшого контролю енергоспоживанням необхідно впровадити систему енергомоніторингу та енергоменеджменту.

Оскільки зараз інформація про споживання енергоресурсів збирається і аналізується в ручному режимі, то запропоновано встановити систему комерційного обліку електричної енергії АСКОЕ. На сьогоднішній день багато компаній в Україні надають послуги з встановлення системи АСКОЕ «під ключ». Така система збирає дані по споживанню в автоматичному режимі і

формує звіти, які в майбутньому можна використовувати для аналізу енергоспоживання.

Також одним із важливих кроків є призначення спеціально навченої людини на посаду енергоменеджера ОСББ, це може бути один із жильців. В його обов'язки входить формування звітності по енергоспоживанню, аналіз та обробка інформації отриманої з систем комерційного обліку, виявлення недоліків режиму системи енергопостачання та пропонувати методи оптимізації рівня енергоефективності

## **5 СТАРТАП-ПРОЕКТ З ВПРОВАДЖЕННЯ СИСТЕМИ СУБСИДИЮВАННЯ НА ОСНОВІ КОЕФІЦІЄНТУ КОМФОРТУ PMV**

### **5.1 Цілі та етапи реалізації стартап-проекту**

Сьогодні Україна прямує до зменшення споживання енергоресурсів шляхом підвищення рівня енергоефективності, повторюючи досвід розвинених європейських країн. Саме тому сучасне законодавство намагається збалансувати енергоспоживання. Житловий сектор України охоплює значну частку у загальному енергобалансі країни.

У зв'язку з постійним зростанням тарифів на енергоресурси для ЖКГ в останні роки, уряд почав субсидіювати населення, оплачуючи частину рахунків на теплопостачання та споживання газу, з метою зменшити фінансове навантаження на населення яке потребують фінансової допомоги, оскільки на оплату комунальних послуг деякі сім'ї витрачають до половини свого місячного бюджету.

На тлі підтримки проектів з енергоефективності, шляхи реалізації субсидіювання виглядають не логічними, оскільки величина їх розраховується виходячи з фінансового положення громадян, що претендують на субсидію, та їх витрат на оплату теплоносіїв, не стимулюючи таким чином впровадження енергоефективних заходів.

Для покращення ситуації, в першу чергу, необхідна заміна субсидії в вигляд ліміту безкоштовного споживання теплової енергії на прямі грошові компенсації. Це допомогло б зменшити кількість випадків коли люди стимулювали перевитрату з метою запобігання зменшення розміру цього ліміту на наступний місяць, а також зробило б допомогу при субсидіюванні більш адресною.

Зміна вигляду субсидій направить ідею субсидіювання в більш енергоефективне русло і зробить наступні кроки не лише економічними, але й дозволять переглянути категорії громадян, які отримують субсидії, зменшивши

таким чином зловживання державною підтримкою, таким чином модель субсидіювання, наразі не є енергоефективною, що на фоні більш глобальної державної політики виглядає, як мінімум, дивно.

З точки зору енергоефективності, сучасний стан речей потребує змін, а з розвитком комп'ютерних технологій, можна запровадити принципово новий, для нашої країни, метод оцінки величини субсидії, що і пропонує наш стартап.

Процес розробки та реалізації стартапу можна умовно поділити на сім етапів (табл. 5.1) [38, 39].

Таблиця 5.1 – Цілі основних етапів реалізації стартап-проекту

Етапи реалізації стартап-проекту	Цілі етапів реалізації стартап-проекту
Початковий етап стартап-проекту	Дослідження потреб та запитів споживачів, суперечностей та технологічних недосконалостей діючих продуктів-аналогів конкурентного середовища
Етап обґрунтування актуальності та новизни інноваційної ідеї	Задоволення нових потреб споживачів, подолання певних суперечностей поточних технологічних процесів, вдосконалення діючих технологій та устаткування тощо
Етап аналізу конкурентного середовища	Виявлення можливих конкурентів-виробників, які виготовляють схоже обладнання або пропонують схожі технології та здійснення порівняльного аналізу техніко-економічних переваг та недоліків реалізації пропонованої ідеї
Етап обґрунтування ресурсного забезпечення проекту	Визначення необхідних матеріальних, трудових, капітальних ресурсів, ключових процесів, технології, обладнання та реалізації проекту в часі і просторі
Етап фінансового забезпечення реалізації проекту	Обґрунтування собівартості та ціни реалізації інноваційної ідеї

Продовження таблиці 5.1

Інвестиційний етап реалізації стартап-проекту	Пошук потенційних інвесторів фінансування стартап-проекту
Маркетинговий етап реалізації проекту	Обґрунтування каналів збуту продукту стартап-проекту, залучення потенційних споживачів, формування необхідних сегментів ринку

Головною ідеєю запропонованого стартап-проекту є пропозиція, щодо використання параметрів комфорту, як фактору на який буде орієнтуватись держава при розрахунку розміру субсидії.

Пропонується змінити прийняття заяви на субсидіювання, яке, як і раніше, буде проходити щомісячно. Відтепер процес буде складатися з двох етапів:

1. Поточна процедура виявлення пільговиків;
2. Розрахунок вартості субсидії на основі параметру PMV, який буде визначатись за допомогою динамічного комп'ютерного моделювання.

Отже, за цією ідеєю приймається параметр PMV, який визначається нормативним, і розмір субсидії буде орієнтований на його досягнення.

Фінансовий прибуток буде отримуватись від держави, яка платитиме за моделі, вигода ж її, в тому, що приміщення на які видається субсидія отримують фінансування роками, та за відповідного рівня ціни моделі, окупність становитиме до двох сезонів.

## **5.2 Обґрунтування актуальності та новизна інноваційної ідеї стартап-проекту**

Ідея регулювання величини субсидії є новою, ринку таких послуг не існує, та впровадження стартапу потребує деяких змін до законодавства, проте потенційну конкуренцію можуть скласти енергосервісні та експертні компанії, що наразі займаються енергетичною сертифікацією будівель та споруд.

Інформація про актуальність і новизну ідеї стартапу зведена до таблиці 5.2.



Таблиця 5.2 – Актуальність та новизна ідеї стартап-проекту

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Переваги та вигоди споживача
Застосування динамічного моделювання для визначення параметру PMV та корегування величини субсидій на тепло виходячи з кількості енергії яка необхідна для того щоб досягти оптимального його рівня	Регулювання величини субсидії для споживачів	Фінансова підтримка верств населення без шкоди для енергоефективності житлового сектору в Україні
		Більш справедливий розподіл коштів на субсидіювання житлового сектору України
		Економія державних коштів
		Використання параметру комфортності як визначального гарантує, що в результаті, кінцеві споживачі отримають однаково якісні умови життя

Головною відмінністю від сучасних методів розрахунку енергетичних характеристик будівель є застосування саме динамічних моделей (наразі методи, що використовуються є квазістаціонарними), основною перевагою яких є більша точність та наближеність до реальності.

### 5.3 Аналіз конкурентного середовища

Використання принципово нової для Української нормативної бази шкали, дає змогу оцінювати неоднорідний житловий фонд України без втручання в існуючі нормативи та закони, що зменшує супротив при імплементації

відповідних ініціатив, а також дає гарантію відсутності конкурентів, яким, для того щоб розпочати діяльність на ринку, необхідно буде витратити час на перекваліфікацію старих або навчання нових кадрів. Проведений SWOT-аналіз загроз та можливостей реалізації стартапу, результати якого зведені до таблиць 5.3 і 5.4.

Таблиця 5.3 – Форма для проведення SWOT-аналізу

Фактори	Оцінка середовища		Оцінка підприємства	
	Можливості	Загрози	Сильні сторони	Слабкі сторони
1.Залежні від діяльності підприємства:				
1.1. Можливість виходу на іноземні ринки схожих продуктів	Сучасні всесвітні тенденції спрямовані на перехід до динамічних моделей розрахунку енергетичної потреби та енергоспоживання, а також діджиталізації всіх розрахунків Праця Українських спеціалістів коштує дешевше ніж праця робітників в більш розвинених країнах, що робить продукт більш конкурентним	Більша кваліфікованість іноземних спеціалістів, специфіка нормативних та законодавчих баз інших держав, потенційне несприйняття Українського продукту як продукту якісного	Гнучкість обраного продукту	
1.2 Інноваційність продукту	Можливість одному з перших ввійти на новий ринок	Загроза не виникнення цього ринку	Орієнтованість на вирішення актуальної проблеми	Відсутність реальних переваг в умовах давно сформованого ринку

Продовження таблиці 5.3

2. Незалежні від діяльності підприємства				
2.1. Відсутність державних проектів в даному напрямку на даний момент	Ситуація з розрахунком величини субсидій потребує змін в відповідності до державної політики енергоефективності	Відсутність гарантій щодо зміни політики субсидіювання	Можливість перепрофілюватись на будь-яку іншу модель розрахунку субсидії що пов'язана з енергією або розширити кількість послуг і зайняти інші ринки енергоефективності	Повна залежність від рішень держави в цьому напрямку, а також фактична неможливість припинити на ці рішення
2.2 Потреба в кваліфікованих кадрах для нормальної роботи підприємства	Рух України за світовими тенденціями в сфері нормативів та методів розрахунків може підштовхнути до збільшення кількості працівників з відповідною кваліфікацією	Сучасна нормативна база до появи висококваліфікованих в цій сфері працівників не заохочує, більш кваліфіковані працівники вимагають більшої платні	Можливість навчати персонал самим або за кордоном	

Таблиця 5.4 – Матриця SWOT-аналізу

S (strength) – Сильні сторони	W (weaknesses) – Слабкі сторони
1.Гнучкість обраного продукту 2.Орієнтованість на вирішення актуальної проблеми 3.Можливість навчати персонал самим або за кордоном 4.Можливість залучення працівників на аутсорсі	1. Відсутність реальних переваг в умовах давно сформованого ринку 2. Повна залежність від рішень держави в цьому напрямку, а також фактична неможливість припинити на ці рішення
O (opportunities) – Можливості	T (threats) – Загрози
1.Сучасні всесвітні тенденції спрямовані на перехід до динамічних моделей розрахунку енергетичної потреби та енергоспоживання, а також діджиталізації всіх розрахунків 2.Можливість одному з перших ввійти на новий ринок 3.Ситуація з розрахунком величини субсидій потребує змін в відповідності до державної політики енергоефективності 4. Рух України за світовими тенденціями в сфері нормативів та методів розрахунків може підштовхнути до збільшення кількості працівників з відповідною кваліфікацією 5. Праця Українських спеціалістів коштує дешевше ніж праця робітників в більш розвинених країнах, що робить продукт більш конкурентним	1.Більша кваліфікованість іноземних спеціалістів, специфіка нормативних та законодавчих баз інших держав, потенційне не сприйняття Українського продукту як продукту якісного 2.Загроза не виникнення цього ринку 3.Відсутність гарантій щодо зміни політики субсидіювання 4. Сучасна нормативна база до появи висококваліфікованих в цій сфері працівників не заохочує, більш кваліфіковані працівники вимагають більшої платні

## 5.4 Обґрунтування ресурсного забезпечення проекту

Пропонується розпочати з невеликої фірми, що налічуватиме 6 співробітників, що будуть брати участь в процесі розробки моделей та менеджера, відповідального налаштування процесу.

До капітальних витрат відносимо:

- 6 комп'ютерів, орієнтовна ціна 15 000 грн кожен;
- один ноутбук ціною 20 000 грн;
- 7 офісних столів ціна 2 000 грн кожен;
- 9 офісних крісел (додаткові крісла для клієнтів) по 1 000 грн;
- подовжувачі 500 грн.

Загальна сума капітальних видатків становить 123,5 тисяч гривень.

З них основних фондів 110 тисяч гривень.

Заробітна плата спеціаліста 20 000 грн на місяць, при виконанні поставленої задачі на місяць (20 розрахованих моделей на робітника), менеджер отримує премію 4 000.

Зарплатня працівників складається з двох частин:

- оклад 7 000 грн;
- платня за виконані моделі, 700 грн за одну розраховану модель, які видаються у вигляді премії.

Лікарняні та відпускні розраховуються виходячи з окладу.

Пропонується оплачувати 3 тижні лікарняних на рік, все що понад цього, за рахунок робітника.

Відпустка 2 рази на рік по 2 тижні, відпускні розраховуються як потрійний оклад.

Діяльність пропонується проводити в орендованому офісі, орієнтовною площею 62 квадратних метри, з орендною платою 12 000 грн на місяць.

Платня за комунальні послуги не має перевищувати 1500 грн на місяць.

Додатково необхідна корпоративна річна ліцензія на програму DesignBuilder, яка значно покращить та пришвидшить розрахунку, платня за річну ліцензію становить \$1 400 або 36 000 грн.

Дані зведено до таблиці 5.5 [40]:

Таблиця 5.5 – Обґрунтування капіталовкладень на реалізацію проекту

<b>Статті капіталовкладень</b>	<b>Величина, тис. грн.</b>
<b>Прямі затрати на оплату праці виробничих працівників</b>	
– заробітна плата за ставками і тарифами виробничих працівників	62
– премії, заохочення, компенсаційні виплати виробничих працівників	88
– оплата відпусток виробничих працівників	15,5
– інші витрати невідпрацьованого часу виробничих працівників	1,94
<b>Соціальні відрахування до Пенсійного фонду – 22% по заробітній платі виробничих працівників</b>	<b>13,64</b>
<b>Вартість основних фондів та нематеріальних активів виробничого призначення</b>	
– початкова вартість задіяних у виробничому процесі основних засобів та необоротних нематеріальних активів (разом із транспортуванням, установкою та демонтажем)	110
<b>Інші прямі витрати:</b>	
– витрати на дослідження та розробку інноваційних продуктів	3
– витрати на послуги сторонніх підприємств (охорона, реклама оренда тощо)	12
– витрати на оплату комунальних послуг	3
<b>Всього капіталовкладень на реалізацію проекту</b>	<b>309,08</b>

### 5.5 Ключові види діяльності та ключові партнери

Ключові види діяльності організації, що проводить необхідні розрахунки для утвердження субсидіювання [41] зведені до таблиці 5.6.

Таблиця 5.6 – Ключові види діяльності

Назва діяльності	Опис діяльності	Результат діяльності
Попередній аналіз	Проводиться поточний аналіз об'єкта	Здійснюється оцінка стану об'єкта та визначається можливість надання субсидії
Укладення договору	Обговорення з клієнтом умов і плану подальших робіт	Підписання договору з клієнтом, для надання послуг
Створення моделі	Створення динамічної комп'ютерної моделі об'єкта	Динамічна модель об'єкта, що необхідна для подальших розрахунків
Розрахунок ставки субсидіювання	Розрахунок ставки субсидіювання на основі коефіцієнта теплового комфорту, отриманого в результаті моделювання	Отримання клієнтом звіту про виконану роботу

## 5.6 Фінансове обґрунтування стартап-проекту

### 5.6.1 Прямі матеріальні витрати

Прямі матеріальні затрати зведені до таблиці 5.7

Таблиця 5.7 – Прямі матеріальні витрати

№ п/п	Назва ресурсу	Одиниця вимір.	Ціна	Кількість ресурсу	Потреба на місяць	Потреба на рік
1	Ліцензія ПЗ	шт.	36000	1	-	36000
2	Електроенергія	грн. за кВт/год	2,1336	2580	458,7	5504,7
3	Комунальні послуги	грн	20,376		244,5	2934,1
Всього:					<b>703,2</b>	<b>44438,8</b>

### 5.6.2 Витрати на оплату праці

Структура організації, персонал, ФОП описані у таблиці 5.8

Таблиця 5.8 – Структура персоналу та ФОП

№ П/П	Посада	Форма оплати	Кількість працівників	Заробітна плата (грн.)		
				за місяць	за квартал	за рік
Адміністративно-технічний персонал						
1	Спеціаліст з енергетичного моделювання	ставка	4	15000	45000	180000
2	Консультант	ставка	2	10000	30000	120000
Всього				25000	75000	300000
Соціальні відрахування до Пенсійного фонду (22 %)				5500	16500	66000
ФОП				30500	91500	366000



### 5.6.3 Обґрунтування вартості задіяних основних фондів та амортизаційних відрахувань

Амортизації підлягають комп'ютери та дрібне офісне обладнання (табл 5.9).

Таблиця 5.9 – Обґрунтування вартості амортизаційних відрахувань основних фондів підприємства на 2019 рік

Назва об'єкта основних фондів	Кільк ість, шт.	Вартіс ть на почато к року, грн.	Річна норма аморти зації, %	Амортизаційні відрахування в поточному році, грн.				
				I кварта л	II кварта л	III кварта л	IV кварта л	За рік
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Комп'ютер	6	15 000	15	3375	3375	3375	3375	13500
Інше офісне обладнанн я	1	42000	4	630	630	630	630	2520
Всього				4004	4004	4004	4004	16020

### 5.6.3 Інші прямі витрати

До інших прямих витрат належать витрати на оренду офісного приміщення, оплату послуги з охорони, що входить в суму оренди та замовлення рекламної компанії (табл. 5.10).

Таблиця 5.10 – Обґрунтування прямих інших витрат

Види послуг	Джерело даних	Вартість послуг, грн.	
		на місяць	на рік
1.Оренда	Угода	12 000	144 000
2. Реклама	Офіційни веб сайт	3 000	36 000
Всього:		<b>15 000</b>	<b>180 000</b>

#### 5.6.4 Загальновиробничі витрати

Загальновиробничі витрати представляють собою амортизаційні витрати основних засобів та оплату комунальних послуг (табл 5.11).

Таблиця 5.11 – Загальновиробничі витрати

Види послуг	Джерело даних	Вартість послуг, грн.	
		на місяць	на рік
1. Амортизація основних засобів	Таблиця 5.5	1335	16020
2.Витрати на комунальні послуги	Розрахунки	703	8438,8
Всього:		<b>2038,2</b>	<b>24458,8</b>

#### 5.6.5 Умовно-постійні витрати

Умовно-постійні витрати враховують відрахунок ФОП [42], амортизаційні відрахування, оренду офісних приміщень, оплата за програмне забезпечення (табл 5.11).

Таблиця 5.11 – Умовно-постійні витрати підприємства

Статті витрат	Джерела даних	Витрати, тис.грн			
		на 1 од.	на місяць	на квартал	на рік
1. ФОП	табл. 5.8	—	30,5	91,5	366
2. Амортизаційні відрахування	табл. 5.9	—	1,335	4,004	16,02
3. Оренда	табл. 5.10	0,1	12	36	144
4. Витрати на комунальні послуги	табл. 5.7	0,023	0,703	2,11	8,44
5. Ліцензія на програмне забезпечення	табл. 5.7	0,3	3	9	36
Всього:		<b>0,423</b>	<b>47,54</b>	<b>142,61</b>	<b>570,46</b>

### 5.6.6 Обґрунтування собівартості інноваційної ідеї стартап-проекту

Результати розрахунків собівартості послуг зведені до таблиці 5.12.

Таблиця 5.12 – Обґрунтування собівартості товару (послуги), грн.

Статті витрат	Джерела даних	Витрати, тис.грн			
		на одиницю	на місяць	на квартал	на рік
1. Умовно-змінні витрати	відсутні	0	0	0	0
2. Умовно-постійні (накладні) витрати	табл. 5.11	<b>0,423</b>	<b>47,54</b>	<b>142,61</b>	<b>570,46</b>
3. Собівартість	стр.1+стр.2	<b>0,423</b>	<b>47,54</b>	<b>142,61</b>	<b>570,46</b>

## 5.7 Обґрунтування рівня рентабельності (прибутковості) інноваційної ідеї

Розрахунки рентабельності послуг, що надаються в результаті стартапу зведені до таблиці 5.13.

Таблиця 5.13 – Обґрунтування рівня рентабельності товару (послуги)

Статті витрат	Джерело даних	Од. вимір.	Значення показників.
1. Собівартість одиниці продукції	табл. 5.12	грн.	570,46
Обсяг виробництва в рік	Прогноз		1440
2. Необхідний прибуток	пп.2,1+2,2+2,3+2,4+2,5+ 2,6+2,7	грн.	2360105
2.1. Кредитні засоби та їх обслуговування	Кредитна угода	грн.	0
2.2. Засоби ФРВ	Колективна угода	грн.	1000000
2.3. Засоби ФСР	Колективна угода	грн.	500000
2.4. Засоби ПФ	Колективна угода	грн.	200000
2.5. Грошові виплати власникам підприємства	Колективна угода	грн.	300000
2.6. Фінансовий резерв	$(2.1+2.2+2.3+2.4+2.5)*0.05/0.95$	грн.	105263
2.7. Податок на прибуток	$(2.1+2.2+2.3+2.4+2.5)*0.18$	грн.	360000
3. Необхідний рівень рентабельності продукції	п.2 / п.1*100%	%	<b>24,75</b>

## 5.8 Обґрунтування вартості виробництва інноваційної послуги

Повне обґрунтування вартості та рентабельності проекту з урахуванням основних податків показано у таблиці 5.14.

Таблиця 5.14 – Обґрунтування вартості та ціни

Статті витрат	Джерело даних	Одиниці вимірювання	Значення показників
1. Собівартість одиниці товару (послуги)	табл. 5.12	грн.	570,46
2. Норма рентабельності	табл. 5.13	%	21,75
3. «Нормальний» питомий прибуток	п.1 * п.2 / 100%	грн.	124,075
4. Вартість виробництва одиниці продукції	п.1 + п.3	грн.	694,53
5. ПДВ	п.4*0,2	грн.	138,907
6. Відпускна ціна товару (послуги)	п.4+п.5	грн.	833,44

Цільовою групою на першому етапі розвитку проекту є держава.

Приймемо орієнтовану величину субсидії на одну квартиру 1 200 грн та прогнозовану економію від запровадження стартапу 20%, отже в місяць отримуємо економію 240 грн, тобто продукт окупиться для держави приблизно за 3 опалювальні сезони.

## 5.9 Цільові групи потенційних споживачів

Опис основних споживачів, а також оцінку конкурентного ринку проведені у таблиці 5.15. Визначена базова стратегія розвитку на потенційному ринку (табл. 5.16).

Таблиця 5.15 – Вибір цільових груп потенційних споживачів

Опис цільової групи потенційних клієнтів	Орієнтовний попит в межах цільової групи (сегменту)	Інтенсивність конкуренції в сегменті	Простота входу у сегмент
Державні проекти в сфері енергоефективності	За останні роки державні програми в сфері енергоефективності набувають все більшої популярності серед ОСББ	Запропонований вид субсидювання потенційно новий. Навіть якщо з'являться альтернативи, ринок України у цій сфері потребує великих об'ємів роботи.	Проект має низький рівень конкуренції, але можуть виникнути складнощі з впровадженням його у наявну нормативну базу України

Таблиця 5.16 – Визначення базової стратегії розвитку

Обрана альтернатива розвитку проекту	Стратегія охоплення ринку	Ключові конкурентні позиції відповідно до обраної стратегії	Базова стратегія розвитку*
<i>Ринкові можливості посилення ідеї стартап-проекту</i>	<i>Диференційований маркетинг</i>	<i>Зниження ціни на продукт, підвищення швидкості розробки моделей</i>	<i>Стратегія диференціації</i>

### 5.10 Канали збуту

У таблиці 5.17 сформована та описана система збуту, визначена основна сфера надання послуг.

Таблиця 5.17 – Формування системи збуту

№ п/п	Специфіка закупівельної поведінки цільових клієнтів	Функції збуту, які має виконувати постачальник товару	Оптимальна система збуту
1	Клієнт зацікавлений не тільки у власному комфорті, а ще й у раціональному енергозбереженні з метою заощадити грошові ресурси	<ul style="list-style-type: none"> <li>Збір інформації, про потреби споживачів.</li> <li>Публікація інформації про успішну реалізацію проектів у відкритий доступ.</li> <li>Створення прямої рекламної політики</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Надання послуг через державні організації;</li> <li>Безпосередня робота з клієнтами</li> </ul>

## 5.11 Бізнес-модель проекту

Розроблена структура бізнес моделі проекту описана у таблиці 5.18.

Таблиця 5.18 - Структура бізнес моделі обладнання (технології)

Ключові партнери 1. Державне агентство з енергоефективності та енергозбереження України 2. Уряд України	Ключові види діяльності 1. Розробка динамічних моделей; 2. Проведення розрахунків для надання субсидій.	Цінність пропозиції: Впровадження нової політики субсидіювання, яка буде корисною для держави і населення	Взаємовідносини з клієнтами 1. Пряма взаємодія з замовником послуг;	Споживчі сегменти  • ОСББ • ЖБ • Громадські будівлі
	Ключові ресурси 1. Комп'ютерне обладнання; 2. Інтелектуальна власність; 3. Фінансові ресурси 4. Людські ресурси		Канали збуту 1. Безпосередньо замовник послуг; 2. Державні організації	
Структура собівартості 1. Витрати разові (капітальні): 110,5 тис. грн 2. Витрати постійні: 118,5 тис.грн/міс 3. Витрати змінні: 0 грн			Потоки надходження доходу 1. Плата за розробку моделей і розрахунок необхідної ставки	

## Висновки до розділу

У розділі розроблений стартап-проект, в якому запропоновано змінити сучасну політику субсидіювання. Пропонується розраховувати ставку субсидії на основі коефіцієнту теплового комфорту, це допоможе стимулювати громадян до підвищувати рівень енергоефективності їх осель не тільки для задоволення власного комфорту, а й для економії своїх і державних фінансових ресурсів.



Коефіцієнт теплового комфорту, PMV, для надання субсидій пропонується розраховувати засобами динамічного моделювання, тобто відсутня необхідність втручання в інженерні системи будинку, такий метод не потребує ніяких монтажних робіт. Створену динамічну модель будинку у майбутньому можна використовувати у науково-практичних цілях.

Надання послуг може відбуватись через державні організації або напряму з клієнтом, результатом роботи є звіт, що підтверджує можливість надання субсидії замовнику.

Перевагами проекту у цьому напрямку є новизна ідеї і відсутність конкурентного ринку, а також перехід до сучасних світових методів енергоаналізу.

## ВИСНОВКИ

Об'єктом магістерської дисертації став житловий будинок за адресою вул. Галана 2.

В процесі переддипломної практики були детально розглянуті усі енергетичні характеристики та системи об'єкта, що надалі було описано в пунктах загальні відомості про об'єкт та дослідження використано в пункті інжиніринг енергетичних систем будівлі.

Також в пункті інжиніринг енергетичних систем будівлі був проаналізований стан енергоефективності будівель, характеристик ГВП, теплопостачання і водовідведення для житлового фонду міст України на прикладі міста Київ, огляд ситуації показав:

- стан енергоефективності в Україні знаходиться на досить низькому рівні, проте державна політика цілком та повністю спрямована на покращення цієї ситуації;
- інженерні мережі як міські так і ті, що відносяться до будинкових перебувають, в своїй більшості, в стані моральної та фізичної зношеності;
- спостерігається тенденція, за якою індивідуальні водогрійні котли потроху витісняють централізоване ГВП, як відповідь на постійні відключення ГВП, особливо в неопалювальний період;
- методики водовідведення в містах України потребують доопрацювання, оскільки переробка відходів водовідведення майже не практикується, утилізація полягає, в своїй більшості, полягає в зберіганні відходів в спеціальних ємностях.

Також був проведений інжиніринг енергетичних систем будівлі з метою складання енергетичного балансу, та виходячи з нього, розробки заходів з енергозбереження.

На основі отриманих даних та аналізу енергетичного балансу були розроблені 3 моделі будівлі:

- Базова модель, що максимально відтворює існуючий стан будівлі з споживанням енергоресурсів максимально наближеним до реального .

- модель, що відповідає всім нормативним показникам за [3], метою якої було визначення нормального рівня споживання енергоносіїв;
- модель з впровадженими запропонованими заходами з енергозбереження для досягнення нормативів згідно з нормативною базою України, на основі яких і була розрахована економічна доцільність заходу.

Також, розроблені заходи для підвищення рівня енергоефективності інженерних систем будівлі, а саме утеплення трубопроводу з гарячим теплоносієм та встановлення ІТП, для обраних заходів була порахована річна економія, а також оцінена їх економічна доцільність шляхом визначення терміну окупності.

В електричній частині дисертації наведений короткий аналіз сучасного ринку електроенергії України та особливості в нормативному регулюванні електромереж в Україні. Складений баланс споживання електроенергії, та запропоновані на його основі заходи, що спрямовані зменшити споживання.

В спеціальній частині було проведено динамічне моделювання з метою аналізу особливостей впливу різних енергетичних характеристик будівель на споживання теплової енергії, а саме, вплив орієнтації будівлі, а також параметрів світлопрозорих конструкцій, таких як коефіцієнт застління, газовий наповнювач, різні варіанти нанесення селективного покриття на енергоспоживання та параметри комфорту.

Також проаналізований вплив неоднорідності температурних умов у сусідніх приміщеннях на величину теплових перетоків і енергоспоживання, а також зміну енергопотребі при зміні режиму роботи системи опалення. При збільшенні температури у приміщенні енергоспоживання зростає сильніше, ніж прийнято вважати у стаціонарних моделях (5% економія/перевитрата при зміні температури на  $1^{\circ}\text{C}$ ), оскільки динамічне моделювання враховує також погодинну зміну параметрів і теплові перетоки через внутрішні огорожувальні конструкції споживання тепла може зрости на 40-50% при підвищенні температури з  $18^{\circ}\text{C}$  до  $20^{\circ}\text{C}$  в залежності від орієнтації.

В розділі енергоменеджмент та моніторинг, були запропоновані можливі шляхи реалізації енергоменеджменту в житловому будинку, що виступає об'єктом магістерської дисертації. Запропоновано ввести систему АСКОВ для контролю витрати енергоносіїв, проводити регулярне анкетування та освітню діяльність для жителів будинку в цьому напрямку.

В частині стартап-проект, було розглянуто впровадження системи субсидіювання на основі коефіцієнту комфорту PMV як бізнес ідею. В частині були детально описані шляхи до відкриття бізнесу та пов'язані з цим ризиком.

Також був проведений економічний аналіз бізнес проекту, що дало змогу оцінити його доцільність та вигоду, що він може принести.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Про енергетичну ефективність будівель: Закон України від 22.06.2017 № 2118-VIII. Відомості Верховної Ради (ВВР), 2017, № 33, ст.359.
2. ДСТУ-Н Б А.2.2-13:2015. Енергетична ефективність будівель. [Чинний від 2016-01-01]. Вид. офіц. Київ: Мінрегіон України, 2015. 25 с.
3. ДСТУ Б А.2.2-12:2015: Енергетична ефективність будівель. Метод розрахунку енергоспоживання при опаленні, охолодженні, вентиляції, освітленні та гарячому водопостачанні. [Чинний від 2016-01-01]. Вид. офіц. Київ: Мінрегіон України, 2015. 140 с.
4. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010: Будівельна кліматологія. [Чинний від 2011-11-01]. Вид. офіц. Київ: Мінрегіонбуд України, 2010. 123 с.
5. ДБН В.2.6-31:2016: Теплова ізоляція будівель. [Чинний від 2017-04-01]. Вид. офіц. Київ: Мінрегіон України, 2016. 31 с.
6. Bilous I.Yu., Deshko V.I., Sukhodub I.O. Parametric analysis of external and internal factors influence on building energy performance using non-linear multivariate regression models. Journal of Building Engineering. 2018. Vol. 20. P. 327-336.
7. Bilous I.Yu., Deshko V.I., Sukhodub I.O. Building inside air temperature parametric study. Magazine of Civil Engineering. 2016. №. 8. Pp. 65–75.
8. Обрати густину мінеральної вати. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://prostoremont.com.ua/blog/kak-vybrat-plotnost-mineralnoj-vaty>.
9. Теплопровідність різних видів мінеральної вати. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://jsnip.ru/normy/teploprovodnost-mineralnoj-vaty.html>.
10. Постанови НКРЕКП від 14.03.2018 №310 «Про затвердження Кодексу системи розподілу»
11. Розпорядженням Кабінету Міністрів України від 12 грудня 2018 року № 1023-р
12. Тарифи на електричну енергію [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://dtek-kem.com.ua/ru/ee-company/tarifi>

13. Національна комісія, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.nerc.gov.ua>
14. Проектування електрообладнання об'єктів цивільного призначення: ДБН В.2.5–23:2010. – [Чинні від 2010–10–01] // Мінбуд України. – К.: Укрархбудінформ, 2010. – 65 с. – (Державні будівельні норми України)
15. НПАОП 0.00-1.02-08 Правила будови і безпечної експлуатації ліфтів
16. Ціна на датчик руху Euroelectric ST-09B A60 [Електронний ресурс] – Режим доступу: [https://electronica-shop.com.ua/ua/p21133-datchik\\_ruhu\\_euroelectric\\_st-09b\\_black\\_180-deg\\_ip44\\_kolir\\_chorniy](https://electronica-shop.com.ua/ua/p21133-datchik_ruhu_euroelectric_st-09b_black_180-deg_ip44_kolir_chorniy).
17. Fumo N., Mago P., Luck R. Methodology to estimate building energy consumption using EnergyPlus Benchmark Models. Energy and Buildings. 2010. Vol. 42. P. 2331–2337.
18. Andelkovic A. S., Mujan I., Daki S. Experimental validation of a EnergyPlus model: Application of a multi-storey naturally ventilated double skin facade. Energy and Buildings. 2016. Vol. 118. P. 27–36.
19. Martin M., Afshari A., Armstrong P. R., Norford L. K. Estimation of urban temperature and humidity using a lumped parameter model coupled with an EnergyPlus model. Energy and Buildings. 2015. Vol. 96. P. 221–235.
20. Shabunko V., Lim C.M., Mathew S. EnergyPlus models for the benchmarking of residential buildings in Brunei Darussalam. Energy and Buildings. 2016. P. 1–10.
21. Yu S., Cui Y., Xu X., Feng G. Impact of Civil Envelope on Energy Consumption Based on EnergyPlus. Procedia Engineering. 2015. Vol. 121. P. 1528–1534.
22. Офіційний сайт DesignBuilder Software Ltd. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://designbuilder.co.uk/>
23. Офіційний сайт EnergyPlus Energy Simulation Software. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://energyplus.net/>
24. International Weather for Energy Calculations: [Електронний ресурс] – Режим доступу: [https://energyplus.net/weatherlocation/europe\\_wmo\\_region\\_6/UKR](https://energyplus.net/weatherlocation/europe_wmo_region_6/UKR)

25. ДБН В.2.5-28:2018. Природне і штучне освітлення. [Чинний від 2019-03-01].Київ: Мінрегіон України, 2018. 133 с.
26. Дешко В.І. Бази кліматології для визначення енергетичних характеристик будівель / В.І. Дешко, І.Ю. Білоус, Г.О. Гетманчук // Науковий журнал «Енергетика: економіка, технології, екологія». Випуск №4 Київ 2017. С 67-73
27. ДБН В.2.6\_31:2006. Конструкції будинків та споруд. Теплова ізоляція будівель. [На заміну СНиП II\_3\_79 ; чинний від 2007.04.01 зі Зміною №1 від 1 липня 2013 року]. К.: Мінбуд України, 2006. 70 с.
28. Дешко В.І., Білоус І.Ю.,Буяк Н.А., Голубенко О.О., Гурєєв М.В. Оцінка впливу заміни вікон на енергопотребу та умови комфорту в будівлі на основі динамічного моделювання. Науковий журнал «Енергетика: економіка, технології, екологія». 2018. №3. С. 52-62.
29. Deshko V., Bilous I., Buyak N. DYNAMIC MODELING OF ENERGY NEED FOR HEATING AND THERMAL COMFORT DEPENDENCE ON BUILDING ENVELOPE CHARACTERISTICS. Journal of New Technologies in Environmental Science (JNTES ), 2019. Vol.1. P. 10-19
30. ДСТУ Б EN ISO 7730: 2011. Ергономіка теплового середовища. Аналітичне визначення та інтерпретація теплового комфорту на основі розрахунків показників PMV і PPD і критеріїв локального теплового комфорту. [Чинний від 2013-01-01].Київ: Мінрегіон України, 2012. 74 с.
31. Saeed Sayadi, George Tsatsaronisb, Tatiana Morosuk. A New Approach for Applying Dynamic Exergy Analysis and Exergoeconomics to a Building Envelope // Proceedings of Ecos 2016 - The 29th International Conference on Efficiency, Cost, Optimization, Simulation And Environmental Impact of Energy Systems June 19-23, 2016, Portorož, Slovenia.
32. Bilous, I. Yu. & Deshko, V. I. (2018). Mathematical models for determination of specific energy need for heating and cooling of the administrative building. Intern. J. of Engineering & Technology, Vol. 7 (4.3), 325-330

33. Білоус І. Ю. Оцінювання енергоефективності будівлі в умовах динамічної зміни характеристик середовища: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. тех. наук / І. Ю. Білоус. – Київ, 2019. – 20 с.
34. Bilous, I. Yu. & Deshko, V. I. Mathematical models for determination of specific energy need for heating and cooling of the administrative building. Intern. J. of Engineering & Technology. 2018. Vol. 7 (4.3). Pp. 325-330.
35. Дешко В.І. Моделювання режимів опалення приміщень / В.І. Дешко, І.Ю. Білоус // Науковий журнал «Енергетика: економіка, технології, екологія». Випуск №3 Київ 2016. С 97-104.
36. ДСТУ Б EN 15251: 2011. Розрахункові параметри мікроклімату приміщень для проектування та оцінки енергетичних характеристик будівель по відношенню до якості повітря, теплового комфорту, освітлення та акустики будівель. [Чинний від 2013-07-01]. Київ: Мінрегіон України, 2012. 71 с.
37. Fanger, P. (1973). Assessment of man's thermal comfort in practice. British Journal of Industrial Medicine, 30, 313–324.
38. Стартап-проект. Рекомендації до виконання розділу магістерської дисертації «Розроблення стартап-проекту» [Електронний ресурс] : навчальний посібник для студентів спеціальностей: 101 «Екологія», 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», 144 «Теплотехніка», спеціалізацій: «Інженерна екологія та ресурсозбереження», «Інжиніринг електротехнічних комплексів», «Електромеханічні та мехатронні системи енергоємних виробництв», «Системи електропостачання», «Енергетичний менеджмент та енергоефективність» «Енергетичний менеджмент та інжиніринг» / П. В. Круш, Н. А. Шевчук, О. І. Андрусь ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні тестові дані (1 файл: 127 КБ). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 50 с.
39. Startup-project: Recommendations for the elaboration of the Master's thesis section «Startup Project Elaboration» [Electronic resource] : teach. edition for studio specialties 101 «Ecology», 141 «Power, electrical engineering and electromechanics», 144 «Thermal engineering» specializations «Engineering Ecology and Resource saving», «Engineering of Automated Electrotechnical Complexes»,



«Electromechanical and Mechatronic Systems of Power-intensive Industries», «Power Supply Systems», «Energy Management and Energy Efficiency», «Energy Management and Engineering» / P. Krush, N. Shevchuk, O. Andrus ; Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute. – Electronic test data (1 file: 109 Kb). – Kyiv : Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute, 2019. – 50 p.

40. Шевчук Н.А. Розробка та впровадження стартап проекту на прикладі геосинтетичного модуля-опалубки / Шевчук Н.А., Вапнічна В.В. // Сучасні проблеми економіки і підприємництво [Текст]: Збірник наукових праць. – Вип. 23. – К.: ІВЦ Видавництво «Політехніка», 2019 С.32-40.

41. Шевчук Н.А., Зайченко С.В., Кривда О.В. Впровадження та реалізація стартап проекту геомехатронного комплексу Сучасні проблеми економіки і підприємництво [Текст]: Збірник наукових праць. – Вип. 21. – К.: ІВЦ Видавництво «Політехніка», 2018 С. 94-101.

42. Шевчук Н.А. Впровадження та реалізація стартапів в гірництві / Шевчук Н.А. / Міжнародна науково-технічна конференція, присвячена 120 – річчю КПІ «ПРОБЛЕМИ ГЕОІНЖЕНЕРІЇ ТА ПІДЗЕМНОЇ УРБАНІСТИКИ», м. Київ, 17-18 травня 2018 р.– К.: НТУУ «КПІ», 2018. – С. 89-90.

## ДОДАТКИ

### Додаток 1 Перелік публікацій

За період навчання в магістратурі Гурєєв М.В. є співавтором **7** публікацій, в тому числі **2** фахові статі, **4** тез конференцій. Переможець **двох** конкурсів студентських наукових робіт на міжнародному та всеукраїнському рівні. Приймає активну участь в роботі студентського наукового гуртка кафедри «Програмні комплекси для моделювання енергетичних процесів в будівлях».

#### **Конкурси:**

- 1) Виконано наукову роботу Голубенком О.О. та Гурєєвим М.В. на Міжнародний конкурс студентських наукових робіт “Black Sea Science”, яка відзначена Дипломом II-ступеня за роботу на тему: «ASSESSMENT OF THE WINDOW REPLACEMENT INFLUENCE ON BUILDING ENERGY CONSUMPTION AND HUMAN THERMAL COMFORT ON THE BASIS OF DYNAMIC MODELING» в номінації “Енергетика та енергоефективність”. Під керівництвом Білоус І.Ю. та Буяк Н.А.
- 2) Виконано наукову роботу Голубенком О.О. та Гурєєвим М.В. на Всеукраїнський конкурсу "МОЛОДЬ-ЕНЕРГЕТИЦІ УКРАЇНИ-2018: ВІДКРИТИЙ КОНКУРС МОЛОДИХ ВЧЕНИХ ТА ЕНЕРГЕТИКІВ", яка відзначена Дипломом II-ступеня за роботу на тему: «Аналіз впливу заходів з енергозбереження на енергопотребу будівлі на основі динамічного моделювання» в номінації “Енергетика та енергоменеджмент”. Під керівництвом Білоус І.Ю.

#### **Фахові статті:**

- 1) Дешко В.І., Білоус І.Ю., Буяк Н.А., Голубенко О.О., Гурєєв М.В. ОЦІНКА ВПЛИВУ ЗАМІНИ ВІКОН НА ЕНЕРГОПОТРЕБУ ТА УМОВИ КОМФОРТУ В БУДІВЛІ НА ОСНОВІ ДИНАМІЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ. Науковий журнал «Енергетика: економіка, технології, екологія». 2018. №3. С. 52-62.
- 2) Дешко В.І., Білоус І.Ю., Буяк Н.А., Голубенко О.О., Гурєєв М.В. ВПЛИВ ТЕПЛОІНЕРЦІЙНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ ОГОРОДЖЕНЬ НА УМОВИ

КОМФОРТНОСТІ ПРИ ВПРОВАДЖЕННІ ЕНЕРГООЩАДНИХ РЕЖИМІВ ОПАЛЕННЯ В БУДІВЛЯХ. Науково-технічний збірник «Комунальне господарство міст». Серія: технічні науки та архітектура. 2019. Том 3, Випуск 149. С. 44-50.

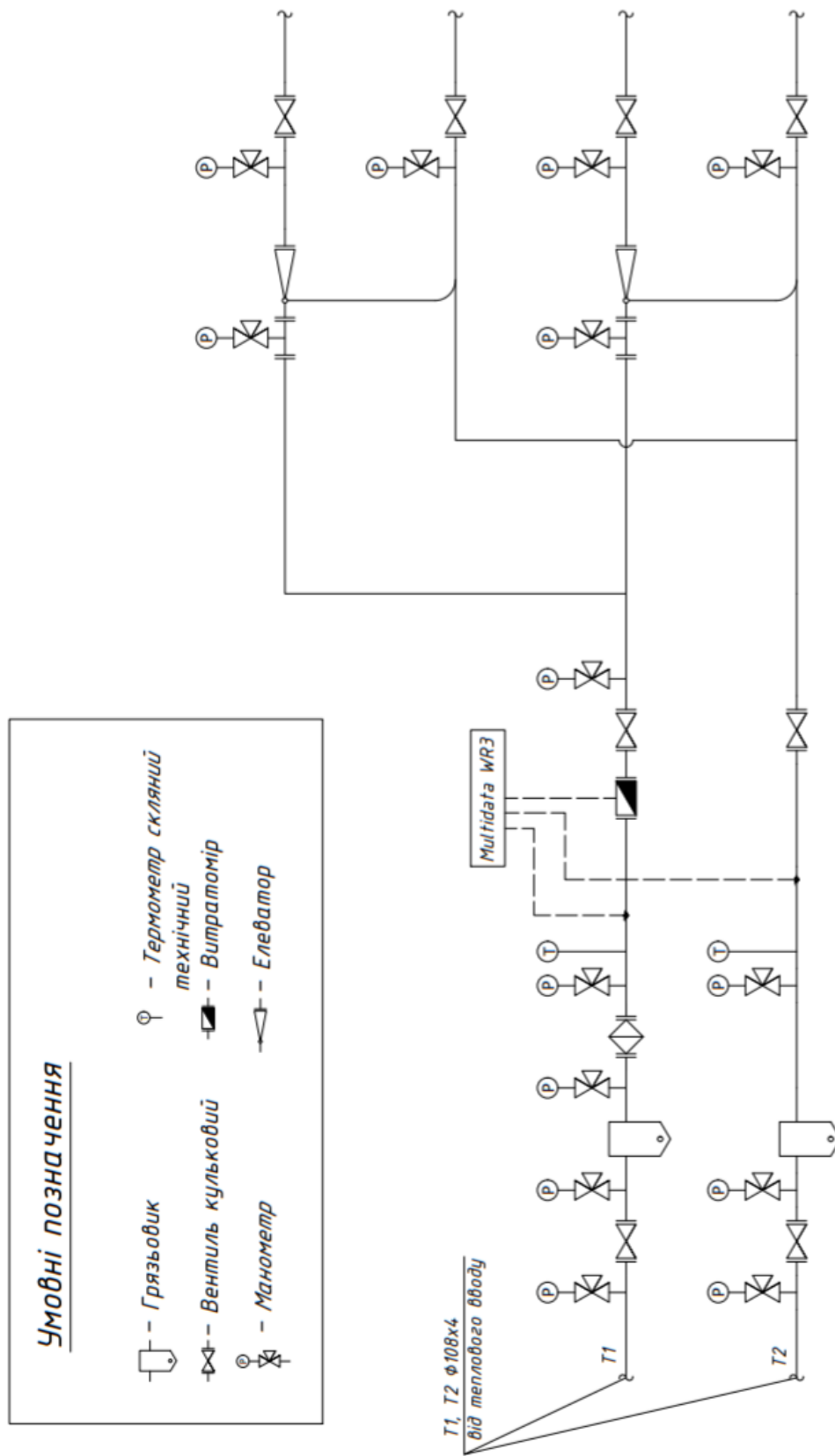
### **Конференції:**

- 1) Дешко В.І., Білоус І.Ю., Гурєєв М.В. АНАЛІЗ ВПРОВАДЖЕННЯ РЕГУЛЮВАННЯ СИСТЕМИ ОПАЛЕННЯ ЗА ДОПОМОГОЮ ЕНЕРГЕТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ. Міжнародна науково-практична конференція "Комплексне забезпечення якості технологічних процесів та систем" (14 - 16 травня 2019 р., м. Чернігів). Чернігів: ЧНТУ, 2019. С. 183-184.
- 2) Дешко В.І., Буяк Н.А., Білоус І.Ю., Гурєєв М.В. ОЦІНЮВАННЯ ЕНЕРГОПОТРЕБИ БУДІВЕЛЬ НА ОСНОВІ ДИНКАМІЧНИХ МОДЕЛЕЙ ТА ЕКСЕРГЕТИЧНІЙ МОДЕЛІ ТЕПЛОВОГО КОМФОРТУ. *МІЖНАРОДНА НАУКОВО-ПРАКТИЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ «ПРЕАП-2019» «ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ЕНЕРГЕТИКИ.ЕЛЕКТРОТЕХНОЛОГІЙ ТА АВТОМАТИКИ В АПК» (19-20 грудня 2019 р., Київ).*
- 3) Дешко В.І., Буяк Н.А., Білоус І.Ю., Гурєєв М.В., Голубенко О.О. Вплив теплоінерційних особливостей огорожень на умови Комфортності під час впровадження енергоощадних режимів опалення житлових будівель. II Міжнародна науково-практична конференція «Енергозбереження та промислова безпека: виклики та перспективи» (4-5 червня 2019, м.Київ).
- 4) Дешко В.І., Білоус І.Ю., Гурєєв М.В. АНАЛІЗ ЗМІНИ ЕНЕРГОПОТРЕБИ БУДІВЛІ ПРИ ЗАМІНІ ВІКОН // V Міжнародна науково-технічна та навчально-методична конференція «енергетичний менеджмент: стан та перспективи розвитку – REMS'18 м.Київ 17-19 квітня 2018 р. С. 16.
- 5) Єщенко О.І., Гурєєв М.В. Міжнародна науково-практична конференція «Сучасні проблеми наукового забезпечення енергетики» Київ, «ЕНЕРГОАУДИТ СИСТЕМИ ОПАЛЕННЯ БАГАТОКВАРТИРНОГО БУДИНКУ - МЕТОДИКА, ЕФЕКТИВНІСТЬ РЕЗУЛЬТАТІВ», 24-27 квітня 2018 р. С.253
- 6)

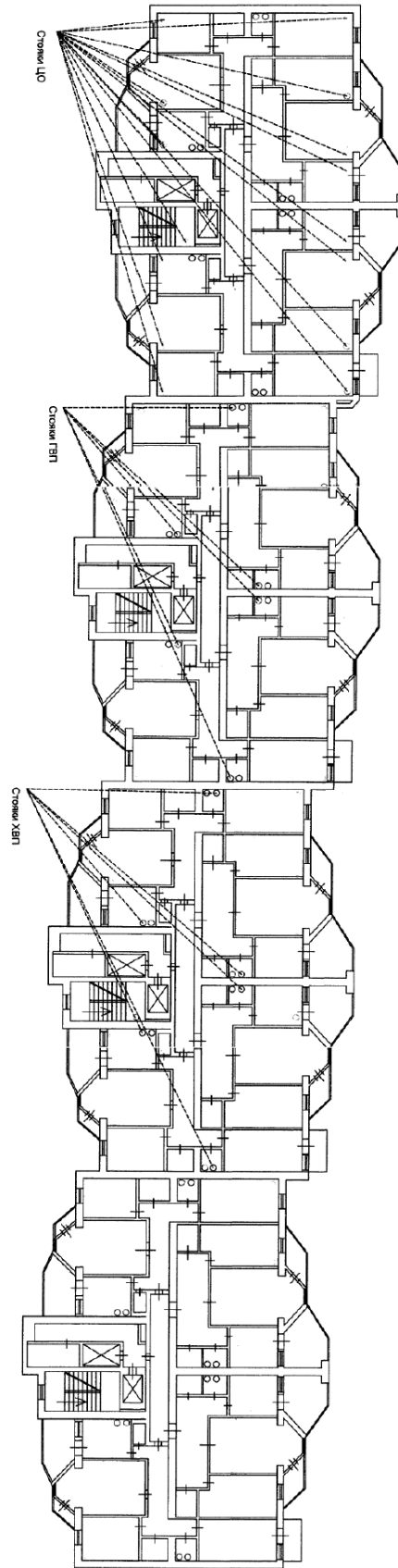
## Додаток 2 – таблиця температур в приміщеннях в яких проводився обхід

кімната 1(біля торцевої стіни)																
етаж	квартира	t вікна	t вн.ст.	t торц.ст	t внут.ст.	t підлоги	t стелі	t повітря	t рад. вх.	t рад. вих	Q вікно	Q рад	секції	байпас	термовен	ут.стіни
2	135	7,7	10,9	9,8		18,5	11,2	19,4		40	52,92	161,25		ні	ні	ні
3	139															
4	143	6,5	10,4	6,6	13,7	13	13,9	14,6	43,6	41,8	34,02	258		9 так	ні	ні
5	147	4,9	8,4	7	15,3	12,1	12,6	15,6	43,9	42,2	52,92	219,3		6 так	ні	так
6	151	7,2	13,4	11,3	14,1	14,2	15,2	15,5	45,7	44,1	52,92	245,1		8 так	ні	ні
7	155															
8	159															
9	163	18,7	24,7	23,4	25	24,5	24,6	24,1	51,2	50,3	56,7	270,9		8 так	ні	так
10	167	12,5	20,4	19	23,8	22,4	23,3	20,2	53,5	53,1	88,83	316,05		7 так	ні	ні
11	171															
12	175	19,6	23,1	22,6	22	24	21,5	20,3	58	56,2	49,14	296,7		9 так	ні	так
кімната 2 (внутрішня)																
етаж	квартира	t вікна	t вн.ст.	t внут.лів	t внут.пр.	t підлога	t стеля	t повітря	t рад. Вх.	t рад. Вих	Q вікно	Q рад	секції	байпас	термовен	ут.стіни
2	135	7,4	11						39,6	38	52,92	161,25		ні	ні	ні
3	139															
4	143	11,3	10,4	17	18,1	18,6	18,1	17,4	42,6	39,3	35,91	148,35		ні	так	ні
5	147	8,8	12,9	16,3	16,8	14,6	17	18	43,5	42	45,36	258		10 так	так	ні
6	151	9,8	15,9	16,3	16,5	16,7	16,3	17,3	44,5	43,6	58,59	232,2		12 ні	так	ні
7	155															
8	159															
9	163	20,4	22,1	25,2	25,2	26,7	25,2	24,1	48,3	46,7	56,7	212,85		12 так	так	ні
10	167	11,5	20	23,3	24,8	23,4	24,1	20,5	51,8	50,9	75,6	322,5		6 так	ні	ні
11	171	16,3	22,7	23,1	24	23,7	24,9	21,9	54,9	53,9	54,81	251,55		6 так	ні	ні
12	175	19,7	20,8	22,7	22,7	23,4	21,1	20,1	57,1	53,2	69,93	296,7		9 Ні	ні	ні

Додаток 3 – Схема теплопункту



Додаток 4 – Схема розміщення ГВП, ХВП та ЦО в квартирах житлового  
будинку



## Додаток 4 – Схема розміщення каналізаційних мереж

